E teremos assim

$$i(x,t) = \frac{10}{700\,\underline{|-11,^{\circ}6}} \times 0{,}956\,\underline{|1,^{\circ}4} \times$$

$$\times \left[\varepsilon^{-\gamma x} - \varepsilon^{\gamma(x-2l)}\right] \varepsilon^{j\omega t} \quad A\,,$$

$$e(x,t) = 10 \times 0{,}956\,\underline{|1.^{\circ}4} \times$$

$$\times \left[\varepsilon^{-\gamma x} + \varepsilon^{\gamma(x-2l)}\right] \varepsilon^{j\omega t} \quad V\,.$$

Utilizando os valores calculados no Quadro n.º 1, podemos agora obter os valores que damos a seguir, no Quadro n.º 2.

x Km	$\varepsilon^{-\gamma x} + \varepsilon^{\gamma(x-2l)}$	$\varepsilon^{-\gamma x} - \varepsilon^{\gamma(x-2l)}$
0	1,046 −j0,0265	0,954 +j0,0265
λ/8=36	0,655 −j0,5775	0,5328−j0,610
λ/4=72	0,0375−j0,63	−0,0375−j0,77
3λ/8=108	−0,44 −j0,331	−0,3846−j0,505
λ/2=144	−0,59 +j0,054	−0,403 −j0,054
3λ/8=180	−0,417 +j0,26	−0,169 +j0,326
3λ/4=216	−0,0765+j0,22	0,0765+j0,48
7λ/8=252	0,252 +j0,029	0,158 +j0,381
λ=288	0,432 +j0,1085	0,056 +j0,1085
300	0,444 −j0,120	0

QUADRO N.º 2

A partir dos valores do Quadro n.º 2 podemos agora determinar os valores eficazes da tensão e da corrente, indicados no Quadro n.º 3, e a partir dos quais foram obtidas as curvas representadas na Fig. 6.

x Km.	$\lvert \dot{E}(x) \rvert$ Volt	$\lvert \dot{I}(x) \rvert$ mA
0	10	13,1
36	8,37	11,1
72	6,04	10,5
108	5,27	8,7
144	5,65	5,6
180	4,71	5,05
216	2,10	6,66
252	2,42	5,65
280	4,28	1,67
300	4,4	0

QUADRO N.º 3

Como as amplitudes complexas da tensão e da corrente que estamos considerando são referidas a valores eficazes, resulta que as curvas da Fig. 6 representariam as leituras de voltímetros e amperímetros instalados ao longo da linha e reagindo aos valores eficazes da tensão e da corrente.

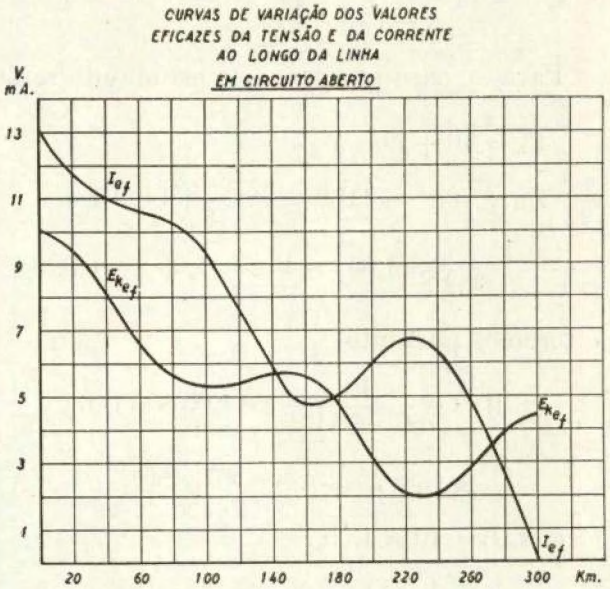


Fig. 6

Linha em curto circuito

Consideremos que a linha telefónica que vimos tratando tem o comprimento de l = 300 Km e está curto-circuitada na sua extremidade.

Consideremos ainda que aplicamos à linha, na sua origem, uma tensão alternada sinusoidal de valor eficaz 10 Volts e frequência 1.000 c/s. Vamos calcular para a linha nestas condições a impedância vista da origem e as equações de variação da tensão e da corrente ao longo da linha. A impedância da linha vista da origem é dada pela equação (3.27) e será portanto

$$\dot{Z}_c = \dot{Z}_0 \operatorname{tgh} \gamma l = (686 - j\,140) \operatorname{tgh} (1{,}47 + j\,6{,}54)$$

$$= 640\,\underline{|-8,^{\circ}5} = 633 - j\,95 \text{ Ohm.}$$

As equações de variação da tensão e da corrente ao longo da linha são, como sabemos, dadas por (3.30) e (3.31) ou (3.32) e (3.33).

Utilizemos, para a representação gráfica que desejamos fazer, as equações (3.30) e (3.31) que a seguir repetimos:

$$i(x,t) = \frac{\dot{E}_k}{\dot{Z}_o} \frac{1}{1-\varepsilon^{-2\gamma l}} \left[\varepsilon^{-\gamma x} + \varepsilon^{\gamma(x-2l)}\right] \varepsilon^{j\omega t}$$

$$e(x,t) = \dot{E}_k \frac{1}{1-\varepsilon^{-2\gamma l}} \left[\varepsilon^{-\gamma x} - \varepsilon^{\gamma(x-2l)}\right] \varepsilon^{j\omega t}$$

Para o caso que estamos estudando será

$$\dot{E}_k = 10 + j\,0 \quad V$$

$$\dot{Z}_o = 700 \,\underline{|-11^\circ,6} = 686 - j\,140 \text{ Ohm}$$

$$\frac{1}{1-\varepsilon^{-2\gamma l}} = 1{,}05 \,\underline{|-1^\circ,6} = 1{,}05 - j\,0{,}028$$

e teremos portanto

$$i(x,t) = \frac{10}{700 \,\underline{|-11^\circ,6}} \times 1{,}05 \,\underline{|-1^\circ,6} \times$$

$$\times \left[\varepsilon^{-\gamma x} + \varepsilon^{\gamma(x-2l)}\right] \varepsilon^{j\omega t} \qquad A$$

$$e(x,t) = 10 \times 1{,}05 \,\underline{|-1^\circ,6} \times$$

$$\times \left[\varepsilon^{-\gamma x} - \varepsilon^{\gamma(x-2l)}\right] \varepsilon^{j\omega t} \qquad V.$$

Podemos agora elaborar o Quadro n.º 4, a partir dos valores dados no Quadro n.º 2.

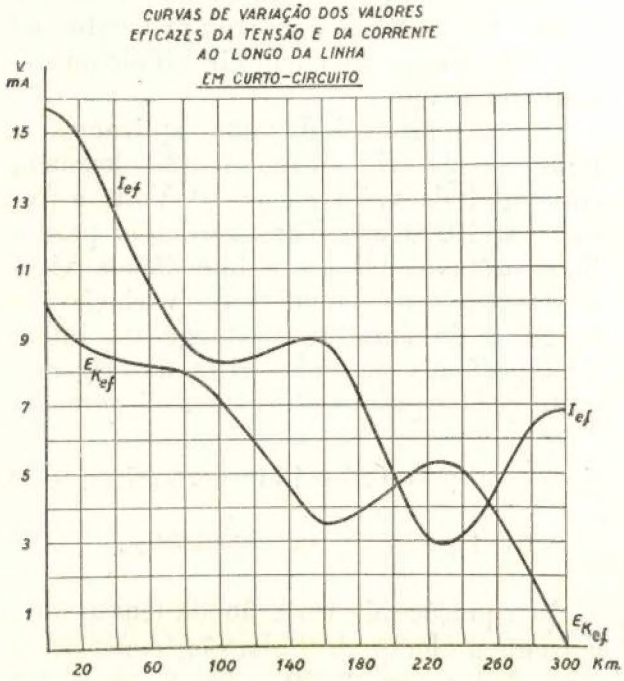


Fig. 7

Os valores eficazes da tensão e da corrente dados no Quadro n.º 4 servem de base ao traçado das curvas da fig. 7 que exprimem a variação dos valores eficazes da tensão e da corrente ao longo da linha; estes seriam os valores que corresponderiam à leitura de voltímetros e amperímetros instalados ao longo da linha e reagindo aos valores eficazes da tensão e da corrente.

x km	$\lvert \dot{E}(x) \rvert$ Volt	$\lvert \dot{I}(x) \rvert$ mA
0	10,0	15,7
36	8,5	13,1
72	8,06	9,45
108	6,65	8,25
144	4,26	8,85
180	3,86	7,38
216	5,1	3,3
252	4,32	3,8
280	1,28	6,7
300	0	6,8

QUADRO N.º 4

4.3 *Linhas de transmissão de energia em rádio-frequência*

As linhas de transmissão de energia em rádio-frequência são essencialmente utilizadas na ligação de emissores e receptores às respectivas antenas de emissão e recepção e na interligação de unidades de equipamentos rádio-eléctricos; secções de linhas de transmissão são ainda utilizadas como reactâncias, como dispositivos de adaptação de impedância, e para medição de impedâncias em rádio-frequências. Os casos mais típicos de linhas de R. F., sob o ponto de vista de construção, são os das linhas aéreas a 2 fios e a 4 fios e os das linhas coaxiais. As frequências utilizadas abrangem uma larguíssima banda que vai desde as centenas de Kc/s até os milhares de Mc/s.

As equações deduzidas neste estudo são naturalmente aplicáveis às linhas de R. F. excepto quando a distância entre condutores não é pequena comparada com o comprimento de onda; este seria, por exemplo,

MÁRMORES

aos melhores preços
Em todas as aplicações

IIII

A MAIOR PRODUÇÃO DO PAÍS

IIII

Pedidos à

Sociedade dos Mármores de Portugal, L.da

Rua de S. Domingos de Benfica, 63

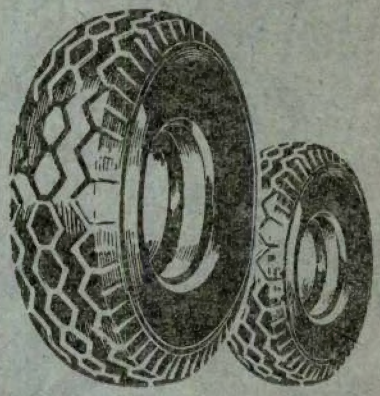
LISBOA

Pneus
e
câmaras
de ar

MABOR

Produção da

Manufactura
Nacional
de Borracha



O processo **Schori** evita por forma completa a corrosão do ferro e aço. Além de ser o método mais rápido de pulverização metálica é também o menos dispendioso.

Sem recorrer ao emprego de mão de obra especializada pode aplicar-se uma camada de zinco com a espessura de 0.076 mm à velocidade de 23 metros quadrados por hora.

Metais, borracha sintética, resinas sintéticas, ebonite e materiais termoplásticos de vários tipos podem ser aplicados pelo Processo **Schori** projectando-os sob a forma de pó sem fazer uso de dissolventes e produzindo uma camada homogénea.

Schori
METALLISING PROCESS Ltd

AGENTES:

António Pacheco Agostinho, L.da

RUA AUGUSTA, 75, 1.º D.

Telef. 2 5833 LISBOA

IMMADIUM

BRONZES PARA TRABALHOS
DE RESPONSABILIDADE

BRONZES ALUMINIO
CROTORITE

CAVILHAS REDONDAS
E QUADRADAS
TUBOS E
SECÇÕES

AGENTES EM PORTUGAL
AHLERS, LINDLEY LDA
RUE BERNARDINO COSTA
13—2° & 3° LISBOA

THE MANGANESE BRONZE & BRASS CO. LTD
HANDFORD WORKS, IPSWICH TELEPHONE IPSWICH 2127 TELEGRAMS "BRONZE IPSWICH"

o caso genérico das antenas e dos guias de onda cujo estudo está fora do âmbito deste trabalho.

No caso das linhas de R. F. verificam-se, em geral, as condições

$$\omega L >> R$$
$$\omega C >> G$$

em virtude dos elevados valores de ω. Nestas condições, a impedância característica será dada, com suficiente aproximação, como se conclui da equação (1.45), pela expressão

$$\dot{Z}_0 = Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad . \qquad (4.7)$$

No caso das *linhas aéreas de dois fios*, o coeficiente da auto-indução expresso em mH/Km de linha é, como já referimos anteriormente, dado pela equação (4.5)

$$L = 0{,}92 \log_{10} \frac{D}{r_0} + L_0 \text{ mHKm}^{-1}$$

que corresponde à fórmula determinada para o caso dos fenómenos quase-estacionários se for $L_0 = 0{,}1$ mH/Km.

No caso das rádio-frequências e tendo em atenção a distribuição dos campos no interior dos condutores, esta fórmula será válida, nas aplicações correntes, se considerarmos $L_0 = 0$. A expressão de L seria portanto simplificada e tomaria o seguinte aspecto:

$$L = 0{,}92 \log_{10} \frac{D}{r_0} \text{ mH Km}^{-1}. \qquad (4.8)$$

O valor da capacidade da linha aérea de dois condutores, expresso em μF/Km, continua a ser determinado com suficiente aproximação pelas expressões já referidas a propósito dos exemplos anteriores. No caso corrente de ser $D >> r_0$, a capacidade da linha será dada pela expressão (4.6) já indicada anteriormente

$$C = \frac{0{,}01206}{\log_{10} \frac{D}{r_0}} \mu\text{F Km}^{-1} .$$

Nas condições que estamos considerando, a impedância característica de uma linha aérea de dois condutores, utilizada para rádio-frequência será, portanto, dada pela equação

$$Z_0 = 276 \log_{10} \frac{D}{r_0} \text{ Ohm} . \qquad (4.9)$$

No caso típico da *linha coaxial* constituída por um condutor cilíndrico no interior de outro condutor em forma de tubo cilíndrico, coaxial com o primeiro e separado deste por um dieléctrico, os valores de coeficiente de auto-indução, da capacidade e da impedância característica são dados respectivamente pelas equações que a seguir indicamos. Designamos por r_1 o raio do condutor cilíndrico interior, por r_2 o raio interior do tubo envolvente que constitui o segundo condutor e por ε a constante dieléctrica do meio que preenche o espaço entre os dois condutores.

$$L = 0{,}46 \log_{10} \frac{r_2}{r_1} \text{ mH Km}^{-1} \qquad (4.10)$$

$$C = \frac{0{,}0241\, \varepsilon}{\log_{10} \frac{r_2}{r_1}} \mu\text{F Km}^{-1} \qquad (4.11)$$

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} \log_{10} \frac{r_2}{r_1} \text{ Ohm} . \qquad (4.12)$$

1.º Exemplo

Consideremos agora um caso prático de uma linha aérea, de dois condutores, equilibrada, a utilizar, por exemplo, na ligação de um emissor de onda curta a uma antena rômbica de emissão. Suponhamos que o emissor está a trabalhar numa frequência de saída de 10 Mc/s e que o circuito de saída está ajustado para uma impedância de carga óhmica pura, de 600 Ohms. Suponhamos ainda que a antena rômbica apresenta, para a frequência em questão, uma impedância óhmica pura de 600 Ohms. Nestas condições convirá que a ligação do emissor à antena seja feita por uma linha cuja impedância característica seja também de 600 Ohms. Com efeito, no exemplo prá-

tico que vamos considerar, esta condição verifica-se, como adiante veremos.

As dimensões da linha utilizada são as seguintes:

$$D = 33{,}5 \text{ cm}$$
$$2\,r_0 = 4{,}5 \text{ mm}\,.$$

Os valores das constantes distribuídas da linha serão portanto

$$L = 0{,}92 \log_{10} \frac{33{,}5}{0{,}225} = 2 \text{ mH Km}^{-1}$$

$$C = \frac{0{,}01206}{\log_{10} \frac{33{,}5}{0{,}225}} = 0{,}0056 \ \mu\text{F Km}^{-1}\,.$$

A impedância característica da linha será portanto

$$Z_0 = \sqrt{\frac{2 \times 10^{-3}}{0{,}0056 \times 10^{-6}}} = 276 \log_{10} \frac{33{,}5}{0{,}225} =$$
$$= 600 \text{ Ohm}\,.$$

O valor da resistência óhmica por kilómetro de linha tem de ser calculado tendo em atenção o «efeito de pele». O valor da resistência em Ohms por Km, de uma linha aérea de dois condutores de cobre, a 20° C, para uma frequência f expressa em ciclos por segundo, é dada pela equação

$$R = \frac{83{,}2 \sqrt{f}}{r_0} \times 10^{-4} \text{ Ohm Km}^{-1}\,. \qquad (4.13)$$

em que r_0 é expresso em cm.

Nestas condições, para a linha que estamos considerando será

$$R = \frac{83{,}2 \sqrt{10^7}}{0{,}225} \times 10^{-4} = 117 \text{ Ohm Km}^{-1}\,.$$

No que se refere à condutância de isolamento G, a sua determinação analítica rigorosa é difícil de fazer; sabemos contudo que o seu valor é aproximadamente proporcional à frequência, ao factor de perdas dieléctricas do meio que envolve os condutores e à capacidade da linha. Dependerá ainda dos tipos de isoladores que forem utilizados na linha. As condições de humidade atmosférica terão uma influência notável no valor de G. No caso de linhas aéreas utilizando isoladores especialmente construídos para trabalhar com rádio-frequência e supondo tempo seco, pode normalmente desprezar-se o valor de G. No caso que estamos considerando vamos supor que G = O.

Podemos agora determinar a *constante de propagação* da linha que estamos estudando. Os valores da *constante de amortecimento* α e da *constante de comprimento de onda* β serão dados, com rigor suficiente pelas equações (1.53) e (1.54). Teremos portanto que

$$\alpha = \frac{R}{2}\sqrt{\frac{C}{L}} = \frac{117}{2}\sqrt{\frac{0{,}0056 \times 10^{-6}}{2 \times 10^{-3}}} =$$
$$= 0{,}098 \text{ Nepers Km}^{-1}$$

$$\beta = \omega \sqrt{L\,C} =$$
$$= 2 \times \pi \times 10^7 \times \sqrt{2 \times 10^{-3} \times 0{,}0056 \times 10^{-6}} =$$
$$= 210 \text{ rad Km}^{-1}\,.$$

A *constante de propagação* será então

$$\gamma = 0{,}0098 + j\ 210 \text{ Km}^{-1}.$$

A *velocidade de propagação* da onda será, pela equação (1.42)

$$v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{2\,\pi \times 10^7}{210} = 299000 \text{ Km s}^{-1}.$$

O *comprimento de onda* será, por (1.44)

$$\lambda = \frac{2\,\pi}{\beta} = \frac{2\,\pi}{210} = 0{,}0299 \text{ Km} = 29{,}9 \text{ m}\,.$$

Suponhamos que a potência fornecida pelo emissor, na origem da linha é de 4 KW e calculemos o valor da potência transferida da linha para a antena, supondo que o comprimento da linha é de 200 metros. Se analisarmos a equação de variação da tensão ao longo da linha, dada pela expressão (2.5), concluímos imediatamente que a relação entre os módulos dos vectores amplitu-

des complexas da tensão na origem e na extremidade de ligação à antena será

$$\varepsilon^{\alpha . l} = \varepsilon^{19.6 \times 10^{-3}} = 1{,}02.$$

A razão das potências P_1, fornecida pelo emissor à linha na sua origem e P_2, transferida da linha para a antena na sua extremidade, será $P_1 / P_2 = (1{,}02)^2 = 1{,}04$ e portanto a potência transferida para a antena seria $P_2 = \frac{4000}{1{,}04} = 3850$ Watts. A potência dissipada na linha de transmissão seria portanto de $P_1 - P_2 = 4000 - 3850 = 150$ Watts.

É frequente, em rádio-frequência, exprimir o amortecimento introduzido pelas linhas não em Neper, como é corrente em circuitos telefónicos, mas em Decibel. No exemplo que vimos, a linha introduzia um amortecimento de $\alpha . l = 0{,}0196$ Nepers, ou seja, atendendo à relação entre estas unidades, $8{,}686 \times 0{,}0196 = 0{,}17$ dB.

2.º Exemplo

Calculemos agora as características de propagação de um cabo coaxial, com dieléctrico sólido, para diferentes frequências.

Consideremos que este cabo (*) é constituído da seguinte forma:

Condutor interior, de cobre, de diâmetro $2\ r_1 = 0{,}4775$ cm.

Dieléctrico de polietileno. (Constante dieléctrica $\varepsilon = 2{,}2$ e factor de dissipação $\delta = 0{,}0005$) (**).

Condutor envolvente, de cobre, de diâmetro interior $2\ r_2 = 1{,}727$ cm.

Protegido externamente por uma baínha de polivinilo com um diâmetro nominal exterior de 2,21 cm.

Como se conclui das equações (4.10), (4.11) e (4.12), o coeficiente de auto-indução, a capacidade e a impedância característica deste cabo serão as seguintes:

$$L = 0{,}46 \log_{10} \frac{1{,}727}{0{,}4775} = 0{,}257 \text{ mH Km}^{-1}$$

$$C = \frac{0{,}0241 \times 2{,}2}{\log_{10} \frac{1{,}727}{0{,}4775}} = 0{,}096\ \mu\text{F Km}^{-1}$$

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{2{,}2}} \log_{10} \frac{1{,}727}{0{,}4775} = 52 \text{ Ohm}.$$

Como será de esperar, o valor da resistência R e da condutância G dependerão da frequência. Para o caso de condutores de cobre, a resistência R em Ohm Km^{-1} de uma linha coaxial é, tendo em consideração o «efeito de pele», dada pela seguinte equação

$$R = 0{,}0042 \sqrt{f} \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \text{Ohm Km}^{-1} \quad (4.14)$$

em que f é expressa em c/s e r_1 e r_2 em cm.

O valor aproximado da condutância de isolamento é dado pela seguinte expressão

$$G = 2\pi . f . C . \delta . 10^{-6} \text{ Ohm}^{-1} \text{ Km}^{-1}, \quad (4.15)$$

em que f é expressa em c/s, C em μF/Km e δ representa o factor de dissipação do dieléctrico.

Calculemos agora os valores de R e G para uma frequência $f = 10$ Mc/s $= 10^7$ c/s. Pelas expressões (4.14) e (4.15) teremos respectivamente

$$R = 0{,}0042 \sqrt{10^7} \left\{ \frac{1}{0{,}2387} + \frac{1}{0{,}863} \right\} = 57 \text{ Ohm Km}^{-1}$$

$$G = 2 . \pi . 10^7 . 0{,}096 . 0{,}0005 . 10^{-6} = 3{,}02 \times 10^{-3} \text{ Ohm}^{-1} \text{ Km}^{-1}.$$

Calculando ainda os valores de R e G para as frequências de 100 e 1.000 Mc/s poderíamos obter o seguinte quadro

f c/s	R Ohm Km^{-1}	G Ohm^{-1} Km^{-1}
10^7	57	$3{,}02 \times 10^{-3}$
10^8	180	$30{,}2 \times 10^{-3}$
10^9	570	302×10^{-3}

Determinemos agora, para o cabo coaxial que estamos considerando, os valores das

(*) Trata-se de um cabo com características aproximadas às do cabo RG 17/U (designação dada pela Marinha e Exército Americanos).

(**) Admite-se, nos cálculos a seguir feitos, que se despreza a variação de δ com a frequência.

constantes de amortecimento e de comprimento de onda. Serão aplicáveis as equações (1.55) e (1.56), válidas para o caso de R e G serem pequenos, mas diferentes de zero.

$$\alpha \cong \left(\frac{R}{2} + \frac{L\,G}{2\,C}\right)\sqrt{\frac{C}{L}}$$

$$\beta \cong \omega\sqrt{L\,C}\,,$$

Teremos assim, para uma frequência f = 10 Mc/s,

$$\alpha = \left(\frac{57}{2} + \frac{0{,}257 \times 10^{-3} \times 3{,}02 \times 10^{-3}}{2 \times 0{,}096 \times 10^{-6}}\right) \times$$

$$\times \sqrt{\frac{0{,}096 \times 10^{-6}}{0{,}257 \times 10^{-3}}} = 0{,}63 \text{ Neper Km}^{-1} =$$

$$= 5{,}5 \text{ dB Km}^{-1}$$

$$\beta = 2 \times \pi\, 10^{7} \sqrt{0{,}257 \times 10^{-3} \times 0{,}096 \times 10^{-6}}$$

$$= 313 \text{ rad Km}^{-1}.$$

Calculando os valores de α e β para as frequências de 100 e 1.000 M/cs poderíamos construir o seguinte quadro:

f c/s	α dB/Km	β rad/Km
10^7	5,5	313
10^8	22	3130
10^9	116	31300

3.º Exemplo

Suponhamos que desejamos projectar um troço de linha de rádio-frequência tal que apresente na origem uma impedância real de Z = 200 Ohm quando se aplique na extremidade de terminação uma impedância real Z_r = 800 Ohm.

Sabemos que o problema poderá ser resolvido se utilizarmos uma *linha de quarto de onda,* tal como foi referido em 3.8.

A impedância característica da linha a utilizar poderá ser calculada a partir da equação (3.36), e será portanto

$$Z_o = \sqrt{Z\,Z_r} = \sqrt{200 \times 800} = 400 \text{ Ohm}\,.$$

Se desejarmos utilizar uma linha aérea de dois condutores, concluiremos imediatamente, a partir da equação (4.9), que a relação $\frac{D}{r_o}$ deverá ser tal que

$$\log_{10} \frac{D}{r_o} = \frac{400}{276} = 1{,}45$$

e portanto $\frac{D}{r_o} = 28{,}2$.

O troço da linha a utilizar deverá ter um comprimento tal que $\beta . l = \frac{\pi}{2}$.

(Continua)

Processos unitários da química orgânica

NITRAÇÃO

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL MANUEL CHAGAS ROQUETTE

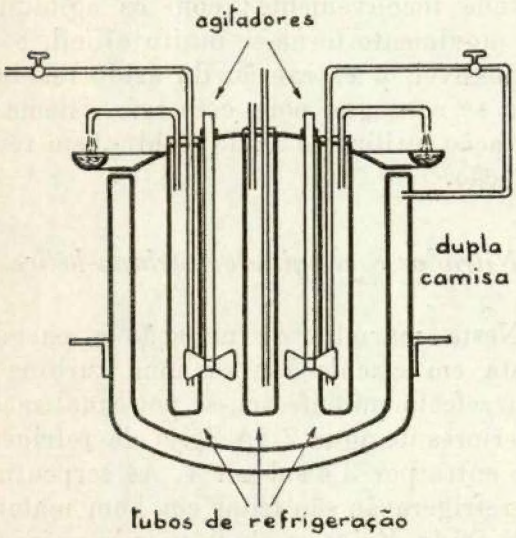
(Assistente I. S. T.)

(Conclusão)

C D 661.73

A maior parte das nitrações efectuam-se em marmitas de ferro com maquinismo de agitação e processo de controlar a temperatura da reacção (arrefecimento ou aquecimento por dupla camisa exterior, ou ainda, menos usualmente, por serpentina interior).

Existem ainda nitradores (do tipo Buffalo, por exemplo) que utilizam um sistema misto de arrefecimento (com a camisa exterior e tubos interiores constituindo um único circuito de refrigeração).



Nitrador tipo Buffalo

As características fundamentais duma marmita de nitração são a transmissão de calor e agitação.

Utilizam-se nitradores de todas as capacidades desde os modelos laboratoriais de 20 l. até às grandes unidades de 15 m^3.

A altura da camisa exterior de aquecimento-arrefecimento oscila entre 1/2 e 3/4 da altura total do nitrador. Pode mesmo envolver a marmita de nitração a toda a altura. A construção das camisas exteriores de aquecimento-arrefecimento exige cuidados especiais, principalmente quando aquela funciona numa fase como aquecedor e noutra como refrigerante. Quando a camisa e o nitrador são peças separadas (ligadas entre si por flanges circulares) ou se utiliza o mesmo material, ou no caso de metais diferentes, constrói-se a camisa em aço carbono (aço vulgar) e a marmita em ferro fundido, ou ainda o nitrador em aço inoxidável e a camisa em ferro.

A soldadura deve sempre fazer-se de tal modo que o metal soldado fique a trabalhar à compressão.

Quando se efectua um aquecimento pelo vapor ou um aquecimento ou arrefecimento por água ou salmoura, o intervalo, para capacidades médias, é em geral de 2 cm entre a parede interna da camisa e a externa da marmita.

Para capacidades muito grandes, porque a relação volume/superfície aumenta notàvelmente, ou se utilizam camisas de refrigeração desproporcionadas ou se trabalha com canalizações interiores de refrigeração (tipo serpentina). Mas esta última solução dificulta, por vezes, a agitação. Muitas vezes, a resolução do problema consiste em substituir um nitrador de dimensões exageradas por uma bateria de unidades de capacidade mais cómoda.

A espessura das paredes dos nitradores e das camisas depende, em geral, do material. Deve salientar-se que, na maior parte dos casos, não pode a espessura das paredes baixar àquem de certos limites impostos pelo trabalho de fundição. Assim, para o aço vasado e para o ferro fundido, devem respeitar-se as seguintes espessuras mínimas:

Capacidade	Aço vasado	Ferro fundido
< 500 l	20 cm	15 cm
> 500 l	25 cm	20 cm

Sistemas de agitação

Vimos que, quanto mais eficiente for a agitação maior será a velocidade de reacção. Convém ainda que as condições de agitação e de dispersão de calor sejam tais que não haja aquecimento excessivo na região em que entram em reacção o ácido sulfo-nítrico e o composto orgânico. Deve considerar-se como objectivo ideal a atingir a uniformidade de temperatura.

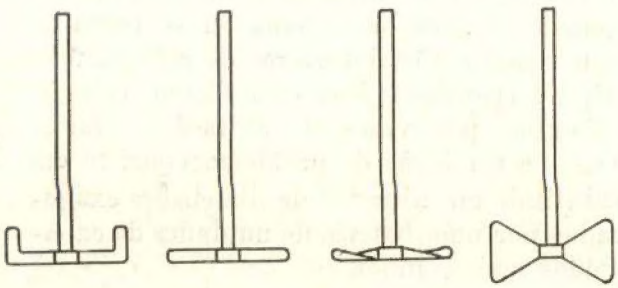
Existem 5 tipos principais de agitação:

1) agitador simples ou duplo (tipo pás)
2) agitador hélice ou turbina
3) agitação por circulação exterior (marmita Hough)
4) agitação por ar comprimido
5) centrífugas.

Agitador simples

A zona de maior agitação é aquela onde se efectua a adição do ácido à substância orgânica.

Agitadores simples (pás)

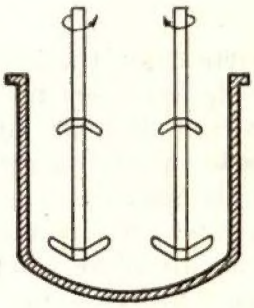


Agitador duplo

Utilizam-se 2 veios do tipo agitador de pás (com mais de uma pá) e rodando em sentidos opostos.

As pás inferiores têm a concavidade erguida para cima, para facilitar o movimento de ascensão do líquido, enquanto as pás superiores têm a concavidade voltada para baixo, a fim de fazer descer o líquido.

Agitador duplo



Obtém-se assim uma homegeneização perfeita. No entanto este sistema apresenta um grande inconveniente: com os agitadores em movimento torna-se muito difícil, e até impossível, a extracção do ácido residual. Não se consegue pois, com este sistema de agitação, utilizar o ácido residual em recirculação.

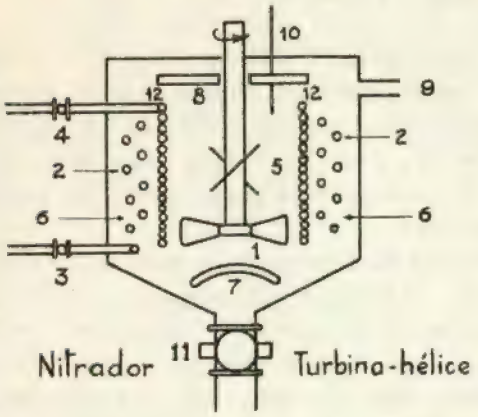
Nitrador com agitador turbina-hélice

Nesta marmita de nitração a carga é posta em circulação por uma turbina 1. O arrefecimento efectua-se por canalizações interiores de água 2. A água de refrigeração entra por 3 e sai por 4. As serpentinas de refrigeração são feitas em bom material anti-ácido. Exige-se ainda uma boa circulação. A operação é, em geral, contínua. As canalizações de refrigeração estão dispostas de tal modo que dividem por meio duma parede circular de tubos (12), a marmita em 2 compartimentos: um (central) 5, onde se move a turbina-hélice, e outro anelar circular 6 (exterior).

A velocidade de circulação do líquido

depende do número de rotações do veio da hélice.

O ácido é lançado por um distribuidor (7) logo abaixo da hélice.



À medida que o ácido é introduzido por 7 é lançado, por centrifugação, para o compartimento exterior 6, onde sobe por aquecimento, até voltar de novo ao compartimento central 5, onde reage com o composto orgânico, lançado pelo distribuidor circular 8.

O ácido e o composto orgânico reagem assim na região onde a circulação do líquido e agitação provocada pela hélice é mais violenta. Os ácidos residuais desta reacção descem, de novo, até 7, devido ao seu maior peso específico.

9 é um dispositivo de nível constante que permite manter o volume do líquido no nitrador e remover continuamente a substância nitrada que é depois separada e neutralizada.

A passagem das cargas ao longo da câmara central 5 é suficientemente rápida e suficientemente eficaz a acção refrigerante da parede de tubos 12 para não haver aumento apreciável de temperatura na zona de reacção.

Este sistema pode efectuar-se contínua ou descontìnuamente. Como processo contínuo apresenta o inconveniente (de considerar em certas nitrações) da temperatura se manter sensìvelmente constante. Normalmente nas nitrações há a necessidade de recorrer a uma elevação de temperatura, na fase final, a fim de aumentar o rendimento da operação.

Este nitrador é ainda provido duma válvula de vasamento rápido (11) e dum termómetro (10).

Com este dispositivo podem nitrar-se poliois (glicol, glicerina) ou ainda substâncias aromáticas (benzeno, tolueno...)

Enquanto na nitração contínua dos poliois, a remoção de ácidos residuais em excesso se faz por 9, juntamente com algum derivado nitrado, no caso da nitração das substâncias aromáticas, há maior tendência para a separação em duas camadas (a superior orgânica, rica em composto nitrado e com alguma substância a nitrar, e a superior constituída por ácidos mistos). Nestas últimas nitrações o ácido residual é removido contìnuamente por 11. Quando o processo é descontínuo (na nitração de substâncias aromáticas) à medida que a reacção se aproxima do fim, diminui o peso específico da fase ácida e aumenta o da fase orgânica, tendendo-se assim para uma homegeneização mais perfeita das duas camadas por agitação. No entanto as duas camadas voltam a separar-se quase instantâneamente, quando a agitação cessa ou apresenta qualquer descontinuidade.

A quantidade de substância a nitrar introduzida pelo sistema de alimentação depende de:

1) velocidade de agitação
2) distância do agitador ao fundo do nitrador
3) feitio do fundo do nitrador.

A velocidade de agitação deve ser tal que permita duas a três circulações completas da carga por minuto e que a camada inferior de ácido residual quase que não sofra perturbação.

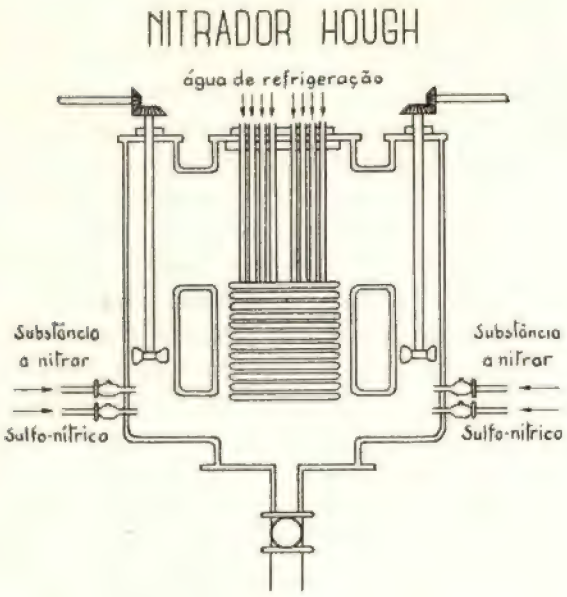
Marmita de nitração com circulação exterior

(Nitrador de Hough)

Trata-se dum processo contínuo.

O nitrador é composto dum corpo central com tubos de refrigeração. Esse corpo central está em comunicação com dois canais exteriores, onde se movem agitadores

com velocidades entre 200 e 400 r. p. m, consoante a capacidade da marmita. A agitação no nitrador deve ser tal que permita uma circulação completa por minuto.



Por debaixo dos agitadores, nos canais exteriores desembocam os injectores de substância orgânica a nitrar e de ácido sulfo-nítrico.

O facto de se trabalhar com grandes massas de ácido residual permite uma fácil regulação de temperatura.

A circulação do líquido efectua-se de baixo para cima.

No início da operação deve existir no interior do nitrador um líquido mais pesado do que a substância a nitrar (normalmente lança-se ácido residual de composição idêntica à daquele que se formará durante a operação).

Põem-se, a seguir, os agitadores em movimento e abrem-se as válvulas dos tubos de admissão de substância orgânica e sulfo-nítrico.

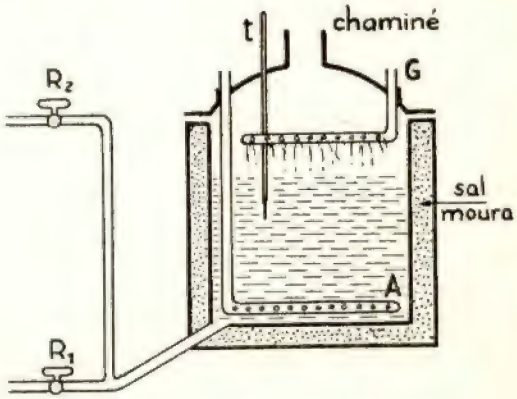
Logo que se iniciou a admissão de sulfo-nítrico fresco, começa a retirar-se por um orifício situado na parte inferior do corpo central do nitrador, e onde, pràticamente, não há agitação, uma quantidade de ácido residual, equivalente à quantidade de ácido fresco, que se vai adicionando.

Estes nitradores são construídos normalmente em ferro fundido e têm capacidades desde 3 a 10 m^3.

Agitação por ar comprimido

Emprega-se todas as vezes que a agitação mecânica seja incómoda ou perigosa. Quando houver o inconveniente de oxidação, pode fazer-se borbulhar em vez de ar, gases inertes, tais como azoto ou anidrido carbónico.

Aplica-se este sistema na nitração da glicerina. O nitrador, de chumbo, é refrigerado exteriormente por uma salmoura. A glicerina é introduzida durante a operação pelo distribuidor circular G, e a admissão de ácido (efectuada antes de se iniciar a carga de glicerina) é feita por abertura da válvula R_2. A agitação por ar comprimido efectua-se por um anel A, existente no fundo do



Nitrador de glicerina

nitrador. A saída do produto nitrado e ácido residual no fim da operação faz-se pela válvula R_1.

Centrífugas

A utilização das centrífugas na nitração restringe-se pràticamente à preparação da nitro-celulose pelo processo Selwig.

Nesta técnica, o algodão embebido em sulfo nítrico é introduzido no cesto perfurado numa centrífuga do tipo hidro-separador. Durante a nitração a velocidade é muito reduzida (20 a 30 r. p. m.), mas sufi-

ciente para permitir circulação conveniente do ácido. No fim da operação, a própria centrífuga rodando a uma velocidade muito superior (1.000 a 1.100 r. p. m.), permite a eliminação do ácido residual.

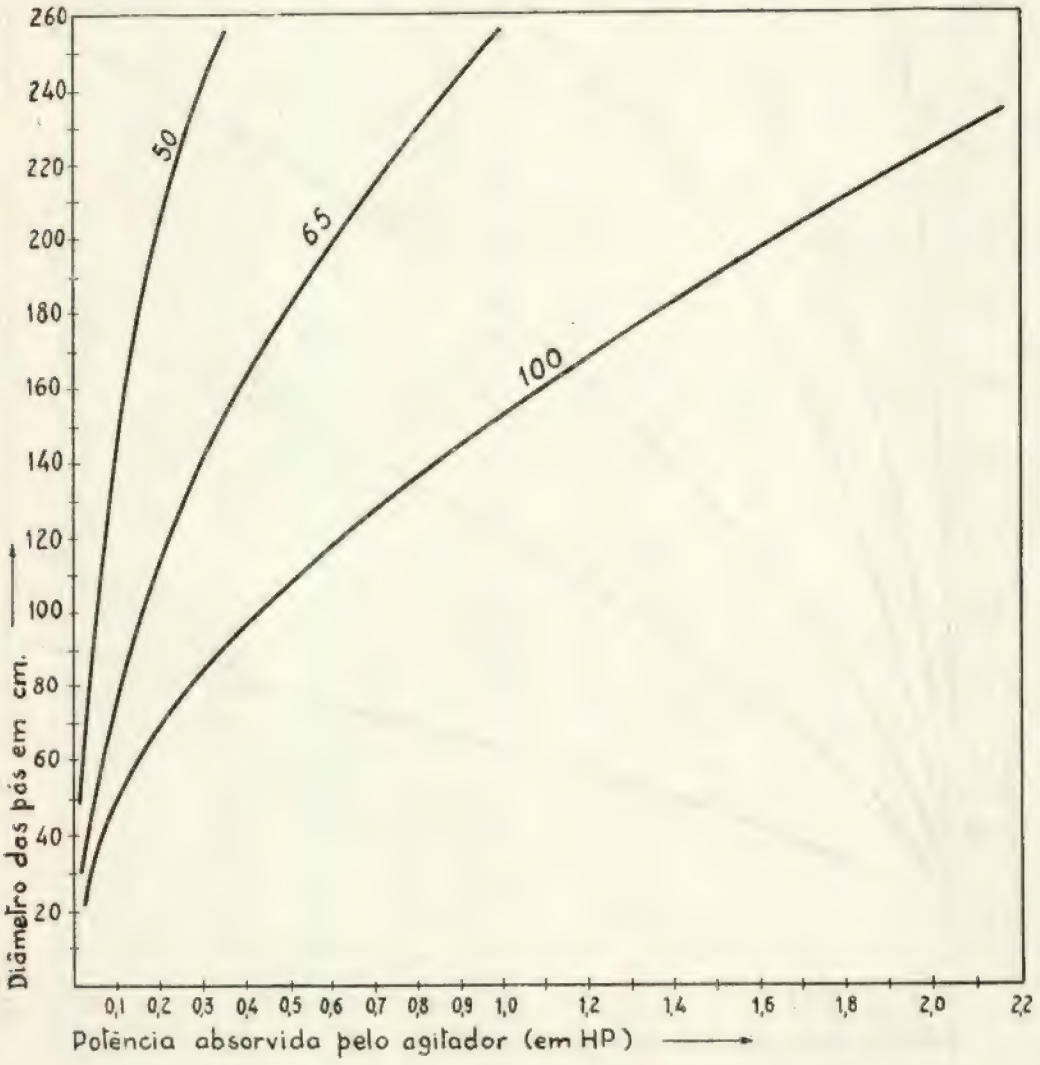
Potência absorvida pelos agitadores

O conhecimento aproximado da potência absorvida por um agitador, empregado num sistema de nitração, é evidentemente um dado de grande utilidade.

metros/minuto, nas ordenadas encontram-se os diâmetros das pás em cm, e nas abcissas lê-se a potência absorvida. Estes gráficos apenas fornecem valores respeitantes a agitadores do tipo pás simples. Para outro tipo mais complicado, ter-se á de entrar com os coeficientes de correcção usuais.

As curvas foram construídas admitindo para os ácidos sulfo-nítricos e ácidos residuais, viscosidades médias oscilando entre 50 e 100 cents-poises.

Convém vincar que para capacidades



A determinação dessa potência é fácil recorrendo a gráficos, construídos especialmente para esse fim.

Nesses gráficos, os números junto às curvas indicam velocidades periféricas em

superiores à centena de litros, se impõe a escolha de 2 ou mais agitadores, ainda que comandados pelo mesmo motor, de preferência a um único agitador (muito maior economia de potência e melhor agitação).

Consideremos uma marmita necessitando de um agitador simples, com uma pá de $\phi = 1$ m, cujo veio é accionado à velocidade de 60 r. p. m. A velocidade periférica será:

$$V_{per} = 60 \times 3{,}14 = 188 \text{ m/seg}$$

Entrando no gráfico, por interpolação, determina-se, que, para esta velocidade, a potência absorvida é de cerca de 2,8 HP.

Se considerarmos em vez deste agitador, 2 outros, cada um com comprimento de pá = 0,5 m, accionados a um número de rotações n, tal que a velocidade periférica se mantenha:

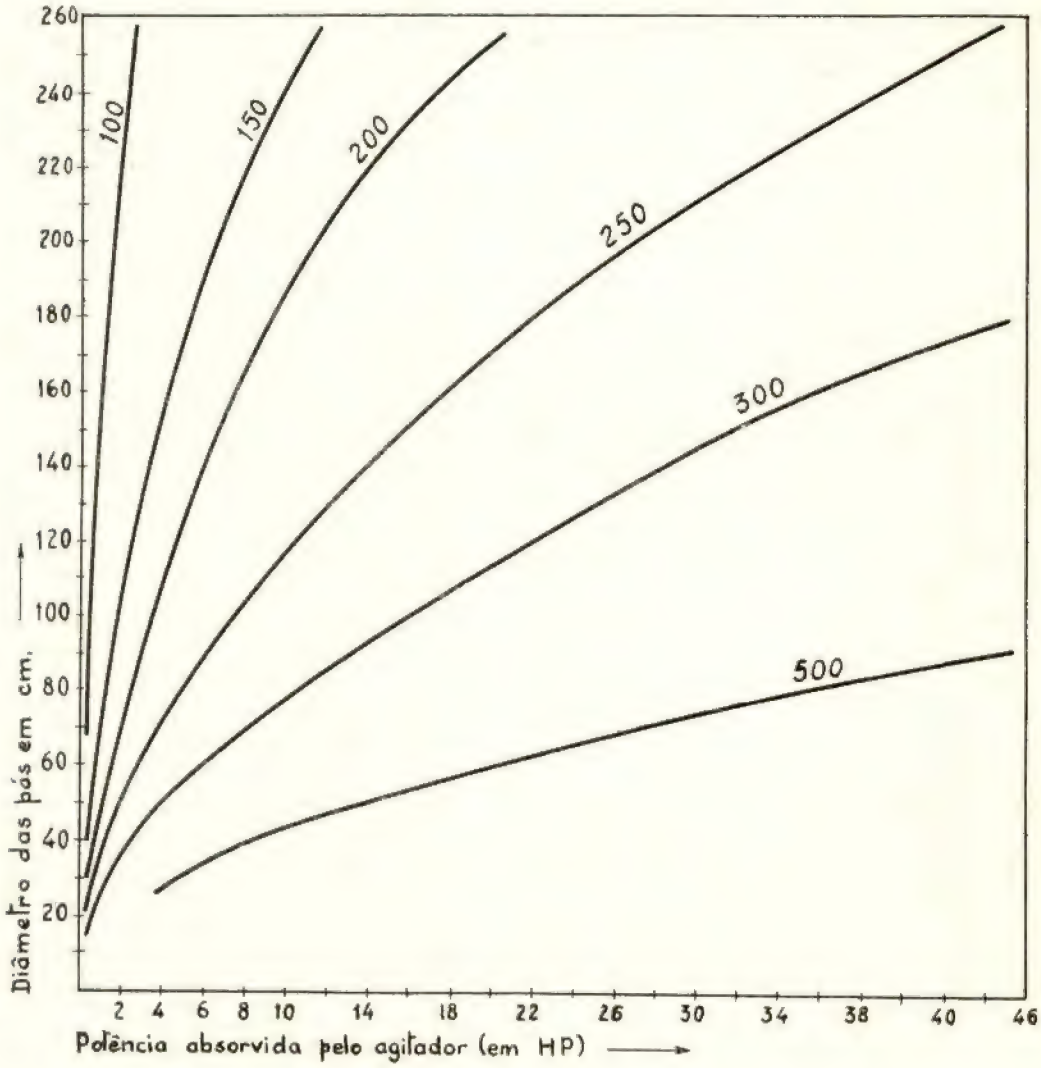
$$n = \frac{60}{0{,}5} = 120 \text{ r. p. m.}$$

Verifica-se que para cada um destes agitadores (utilizando os gráficos) a potência absorvida é agora de 0,8 HP. Portanto a potência total passará a ser de 1,6 HP, tendo-se melhorado as condições de agitação.

A forma e dimensões do agitador devem estar intimamente relacionadas com as dimensões e forma do vaso de nitração. Um agitador potente num nitrador inadequado à sua actuação, pode revelar-se completamente ineficaz.

Por vezes ainda, colocam-se no nitrador obstáculos fixos com dentes e recticulados, que melhoram a agitação, devido às correntes e redemoinhos que criam.

Um agitador de pás simples leva cerca de 3 vezes o tempo para efectuar uma boa agi-



tação, do que o agitador do tipo turbina, com a mesma velocidade e líquido, e absorve mais 1/4 da potência. No entanto, devido, principalmente à sua simplicidade, é de aconselhar o seu emprego na maior parte das nitrações.

5 — **Instalação**

Podemos agrupar as instalações de nitração em 3 categorias:

1) Instalações descontínuas
2) Instalações contínuas
3) Instalações mistas

Instalações descontínuas

As instalações descontínuas são, ainda hoje, as mais generalizadas. Esta preferência justifica-se por se adaptarem a capacidades muito variáveis (desde alguns litros até às baterias de nitradores, com conjuntos de muitos m^3 de capacidade), e por permitirem uma regulação das condições de temperatura e agitação (quando necessário), durante o decorrer da operação. Mesmo para grandes produções, é, por vezes, preferível uma bateria de nitradores descontínuos, a um nitrador contínuo de capacidade equivalente, visto que aquela permite uma maior variedade e maleabilidade de fabrico.

Numa instalação descontínua os principais órgãos são:

depósitos ou tanques de ácidos sulfo-nítricos

depósitos ou tanques de substância a nitrar

nitrador provido de aquecimento ou refrigeração, e de sistema de agitação

tanques de separação (decantação) do derivado nitrado dos ácidos residuais (geralmente, funciona também como tanque de recurso para rápido esvaziamento do nitrador, em caso de acidente)

depósitos ou tanques de ácidos residuais

aparelhagem de purificação do derivado nitrado (que pode ser constituída por tanques de neutralização, colunas ou alambiques de destilação simples, no vazio ou por vapor, cristalizadores).

E eventualmente:

instalação de aproveitamento e recuperação de ácidos residuais.

Instalações contínuas

As instalações contínuas, que só se justificam para capacidades superiores (da ordem da tonelada de produto nitrado por 24 horas, e superiores), podem agrupar-se ainda, em 2 sub-categorias:

2a) nitração em colunas de pratos
2b) nitração em nitradores de funcionamento contínuo.

No tipo 2a) a reacção efectua-se ao longo duma coluna de pratos, pela qual sobem os vapores da substância orgânica a nitrar, enquanto desce em contra corrente o agente de nitração. Por este sistema consegue-se ter um bom contrôle de temperatura e, dentro do mesmo aparelho as variações de temperatura, necessárias a um bom rendimento do processo.

É um sistema ainda pouco generalizado, que será descrito em pormenor mais adiante (processo Othmer).

No tipo 2b) empregam-se, em geral, os mesmos órgãos do que nas instalações descontínuas. Apenas o nitrador é susceptível de marcha contínua (nitrador Hough, turbina-hélice).

Este último processo tem o grande inconveniente de a nitração (em marcha contínua) se efectuar a temperatura sensìvelmente constante, dentro do nitrador, e durante o decorrer da operação. Têm no entanto, a grande vantagem, estes nitradores, de, fàcilmente se adaptarem à marcha descontínua.

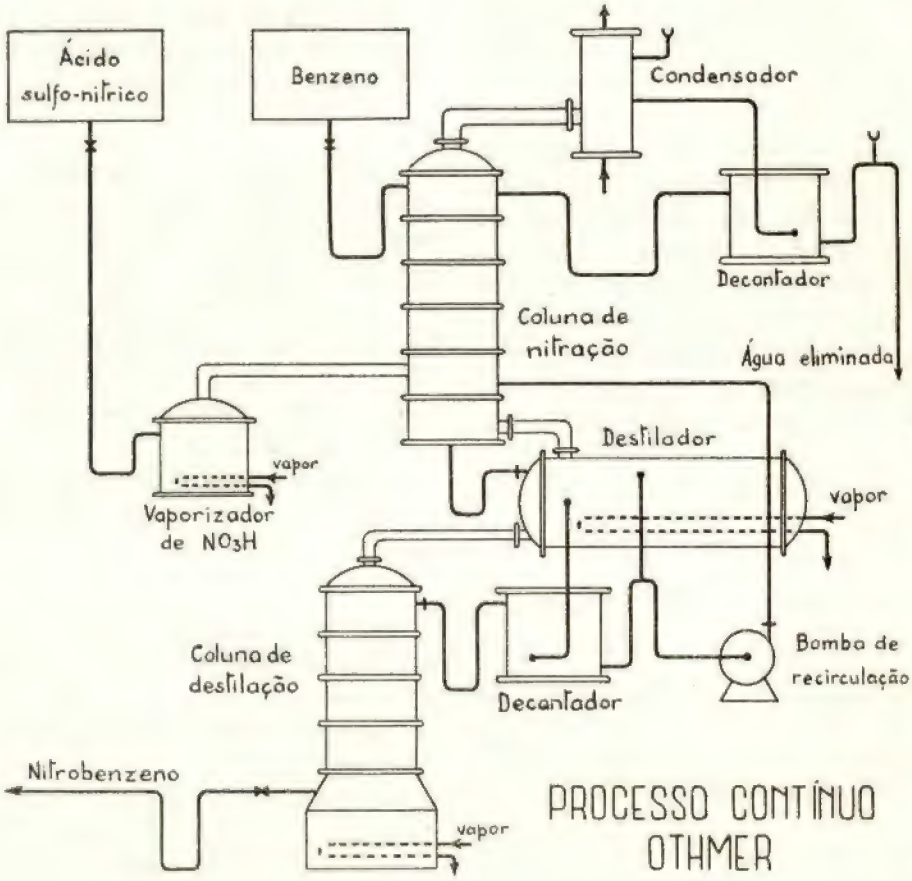
Instalações mistas

São constituídas por montagens que funcionam contínua ou descontìnuamente (nitradores turbina-hélice, Hough). Constituem a sub-categoria 2b) das instalações contínuas

6 — Exemplos de Nitrações em Escala Industrial

a) *Processo contínuo de mononitração do benzeno*

Este processo tem a grande vantagem de aproveitar como agente de nitração um ácido azótico, com teor de cerca de 60 a 65 %, alcançando-se bons rendimentos de reacção, devido a remoção contínua de água.



O ácido desce contìnuamente dum tanque para o vaporizador. Os vapores NO_3H são introduzidos a cerca de 1/3 da coluna de nitração, pela qual desce em contracorrente o benzeno a nitrar, que se escoa doutro tanque.

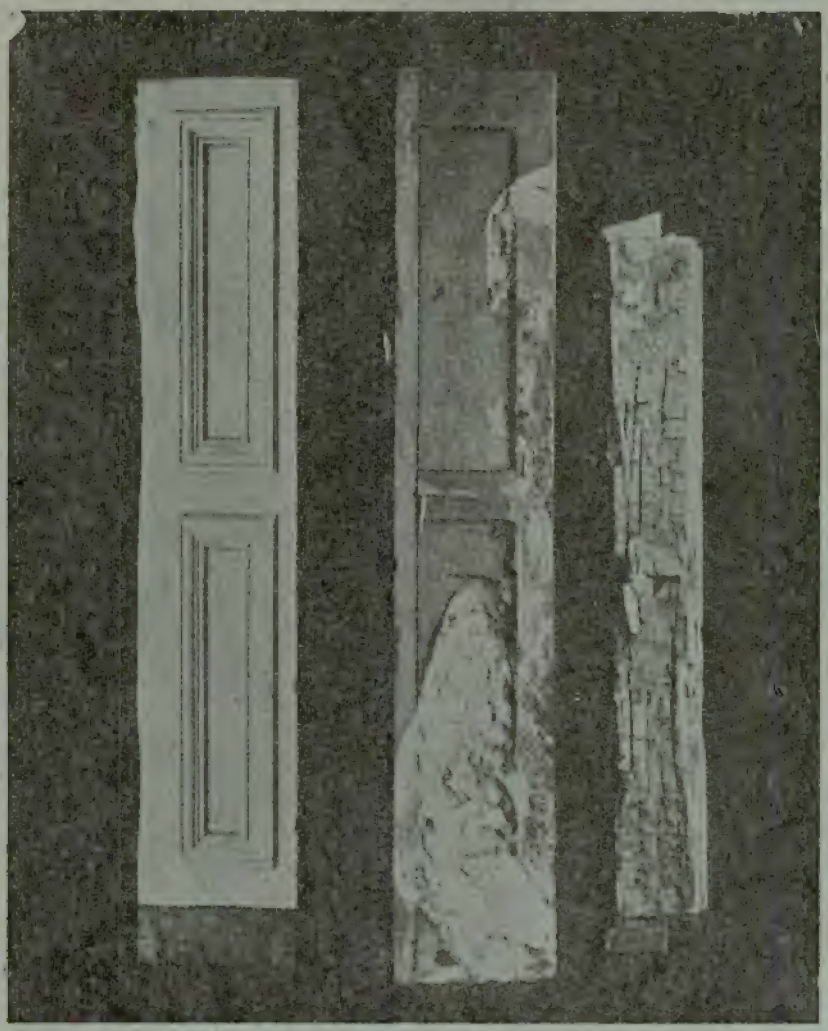
Pela parte inferior da coluna descem os produtos nitrados de reacção, ainda muito impurificados, para o destilador. Aí dá-se uma desnitrificação; os vapores nitrosos e algum benzeno são lançados novamente na coluna de nitração.

Os produtos líquidos, que foram eliminados no destilador da maior parte das impurezas mais voláteis sofrem nova rectificação numa pequena coluna de destilação, com aquecimento pelo vapor, pela base da qual se extrai o nitro-benzeno contìnuamente.

Os produtos líquidos, que foram eliminados no destilador da maior parte das impurezas mais voláteis sofrem nova rectificação numa pequena coluna de destilação, com aquecimento pelo vapor, pela base da qual se extrai o nitro-benzeno contìnuamente.

Esta coluna encontra-se a uma tempera-

... CUPRINOL TEM MUITAS IMITAÇÕES E ATÉ FALSIFICAÇÕES



A MADEIRA PRECISA DE PROTECÇÃO ANTES DE SER APLICADA . . .

CUPRINOL, é um produto fabricado na Inglaterra, que evita os ataques dos insectos roedores da madeira, tais como: Escaravelho, Besoiro, Formiga Branca, etc.

CUPRINOL, aplicado nas madeiras, evita a humidade que é causadora dos ataques fungosos a que vulgarmente se chama caruncho.

CUPRINOL, é distribuido em três tipos, verde, castanho e incolor. Um galão de Cuprinol (4 litros e meio) cobre uma superfície de 30 a 35 metros quadrados de madeira em tosco e 40 a 45 metros quadrados de madeira aparelhada.

Nas casas agrícolas, o CUPRINOL emprega-se nos soalhos e tetos, portas e portões, vedações, estacas, postes, latadas, caniços, carroças e carros de mão, etc., etc.

Distribuimos também um tipo de CUPRINOL 30-14 que serve para evitar o apodrecimento das redes de pesca, cordas, etc.

SE NÃO HOUVER UM AGENTE ROBBIALAC NA SUA TERRA TEREMOS MUITO PRAZER EM LHE FORNECER INFORMAÇÕES

SOCIEDADE ROBBIALAC, LIMITADA

15, RUA NOVA DO CARVALHO // LISBOA // TELEFONE 2 7000

COMPRESSORES
E MATERIAL PNEUMÁTICO

CONSOLIDATED PNEUMATIC TOOL CO., LTD.
LONDRES

CHICAGO PNEUMATIC TOOL, CO.
NEW-YORK

A maior organização mundial de material pneumático

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS

F. NÓBREGA DE LIMA, L.DA

SEDE:
Avenida 24 de Julho, 1, 2.º
LISBOA
Tel. 2 2192 - 2 2193
3 2419

SALÃO DE EXPOSIÇÃO:
Largo de Santos, 5
LISBOA

DELEGAÇAO:
Rua Sá da Bandeira, 562, 3.º
PORTO
Tel. 2 2553

tura de cerca de 118° C, permitindo assim uma fácil remoção de benzeno e ácido azótico, que porventura impurifiquem o mononitro-benzeno (pe 208° C), que é extraído na base.

O líquido que sai do alambique (destilador), antes de entrar na coluna de purificação atravessa um decantador, onde se efectua uma separação em 2 camadas. A camada superior com nitro-benzeno e benzeno é lançada na coluna de rectificação do nitro-benzeno, enquanto a camada inferior rica em ácido azótico, volta por meio de uma bomba de recirculação, de novo, á coluna de nitração. Sobre a canalização que liga o decantador a essa bomba, vem dar uma outra canalização que tem por missão funcionar como regulador de débito. De facto, quando a quantidade de líquido atinge no destilador o nível da entrada desta última canalização, dá-se imediatamente um escoamento deste por meio da bomba, para a coluna de nitração, facto que irá fazer descer a temperatura da coluna.

No cimo da coluna de nitração libertam-se vapores mistos de benzeno e água, que são condensados num condensador, donde seguem para um decantador.

Neste decantador a camada superior rica em benzeno retorna para a coluna de nitração, enquanto a camada inferior, constituída essencialmente por OH_2 é purgada contìnuamente. Obtém-se assim por eliminação constante dum produto da reacção (a OH_2) melhores rendimentos.

A coluna de nitração é neste processo o órgão fundamental, pois permite uma continuidade do processo. É uma coluna de pratos, em que a agitação é provocada pelos próprios vapores que sobem a coluna, em marcha ascendente.

O controle de temperatura, uma vez bem determinadas as condições de funcionamento é quase automático: se a temperatura tiver tendência e elevar-se maior será a quantidade de benzeno, proveniente da camada superior do decantador de benzeno-água que há a refrigerar a coluna, como igualmente aumentará o débito do ácido azótico lançado em recirculação pela bomba e que terá efeito idêntico.

b) *Preparação industrial do dinitrobenzeno*

(Processo descontínuo)

Na preparação do dinitrobenzeno é preferível efectuar-se a nitração em duas fases:

1.° — Mononitração do benzeno
2.° — Nitração do nitrobenzeno

Para efectuar a mononitração de 180 kg de benzeno utiliza-se uma mistura de 216 kg de ácido azótico a 75 °/₀ e 320 kg de ácido sulfúrico aproximadamente 66° Be, ou ainda um ácido sulfo-nítrico, que tenha a seguinte composição global (referida a 180 kg de benzeno):

SO_4H_2	320	60 °/₀
NO_3H	162	30 °/₀
OH_2	54	10 °/₀
	536 kg	100 °/₀

D. V. S. ≈ 3,5

A dinitração efectua-se sobre os líquidos residuais da mononitração (camada oleosa rica em nitro-benzeno), adicionando 216 kg de ácido azótico a 75 °/₀ e 605 kg de ácido sulfúrico aproximadamente 66 Be, ou seja (referida à mesma carga).

SO_4H_2	605	74 °/₀
NO_3H	162	20 °/₀
OH_2	54	6 °/₀
	821 kg	100 °/₀

D. V. S. ≈ 7,5

Pode empregar-se um nitrador com as seguintes características: cilindro vertical, em ferro fundido ou aço vasado, com 2 m de altura e 1,2 m de diâmetro, e com paredes de espessura de 2 cm.

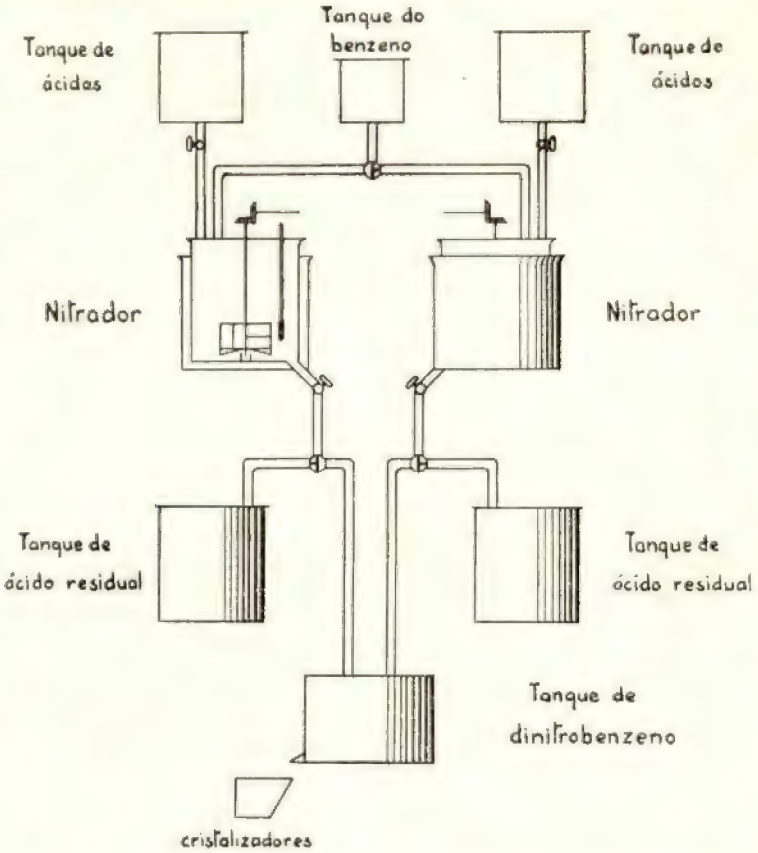
O nitrador é provido de tampa, com orifício para escape de vapores nitrosos, termómetro e agitador.

A marmita de nitração está dentro duma caixa estanque de madeira, de secção quadrada, com $1^m,2$ de altura e $1^m,8$ de largura. O nitrador tem pela parte inferior

uma válvula de saída com respectiva canalização que atravessa a caixa de madeira. Esta caixa é alimentada com água de refrigeração e será dispensável desde que o nitrador tenha uma camisa de refrigeração equivalente.

deixam-se repousar os líquidos residuais da mononitração até à manhã seguinte. Nessa mesma tarde efectua-se no tanque dos ácidos, a mistura do sulfo-nítrico para a segunda fase, que se deixa repousar durante a noite.

OBTENÇÃO INDUSTRIAL DO DINITROBENZENO



Ao entardecer dum dia lança-se a carga dos ácidos para a mononitração num tanque em ferro fundido ou aço vasado, com paredes de espessura de 1 cm, $1^m,5$ de comprimento, por 1 m de largura e $0^m,6$ de profundidade.

Nessa mesma altura lança-se a carga do benzeno no nitrador.

Na manhã do dia seguinte introduz-se a água fria no invólucro refrigerante, exterior ao nitrador, põe-se em marcha o agitador, fazendo-se escoar o ácido de modo que a adição deste esteja terminada ao fim de 8 horas. A temperatura deve manter-se a cerca de 60° C durante toda a operação. Prolonga-se a agitação por duas horas e

Quando o líquido residual aparece amarelo escuro ou amarelo acastanhado (camada oleosa superior de nitro-benzeno), fecha-se esta válvula. Lança-se então no nitrador a carga de ácido, que tinha sido preparada na véspera. Esta junção ocupa cerca de seis horas. Prolonga-se a agitação por mais uma hora. A temperatura mantém-se a cerca de 115° C.

Nesta segunda fase (dinitração) não se efectua a refrigeração exterior pela água.

Considera-se a operação terminada quando uma amostra tirada da camada superior do nitrador solidifica ao ar. Pára-se o agitador e ao fim de meia hora de repouso lançam-se os ácidos residuais (pela válvula

de fundo) num tanque de madeira forrado interiormente de chumbo e com as dimensões de $2^m,1 \times 1^m,2 \times 1^m,2$, e a camada superior oleosa num tanque de madeira, forrado interiormente também de chumbo com as dimensões de $2^m,1 \times 1^m,2 \times 0^m,8$ e munido de válvula de fundo. Este último tanque tinha sido prèviamente carregado com água quente. Deixa-se repousar o produto um quarto de hora, após o que são lançados os líquidos deste tanque, pela válvula de fundo em 12 cristalizadores. A cristalização leva 1 a 2 dias. Os cristalizadores são em grês, com capacidade de 20 litros, e forma tronco-cónica.

Rendimento 95 %

O m-dinitro-benzeno funde a 91° C (o produto industrial com cerca de 8 % dos restantes isómeros funde a 85-87 %). É arrastado pelo vapor.

BIBLIOGRAFIA

Cain — La Fabrication des Matières Intermédiaires pour les Colorants — ed. Dunod (1920).

Carré — Précis de Technologie et de Chimie Industrielle — ed. Baillière (1939).

Crater — Nitration — Ind. Eng. Chem., 1627 (1948).

Groggins — Unit Processes in Organic Synthesis — ed. McGraw Hill (1947).

Medina e Vian — Resistencia Quimica de Materiales — ed. Ciencia y Tecnica (1944).

Perry — Chemical Engineers' Handbook — ed. McGraw Hill (1941).

Riegel — Chemical Machinery — ed. Reinhold (1944).

Westheimer e Kharash — The Kinetics of Nitration of Aromatic Nitro Compounds in Sulfuric Acid — J. Am. Chem. Soc., 1871 (1946).

Westheimer, Segel e Schram — The Mecanism of the Oxinitration of Benzene — J. Am. Chem. Soc., 773 (1947).

TOPOGRAFIA GERAL

II VOLUME

PELO ENGENHEIRO

CARVALHO XEREZ

TIPOS MODERNOS DE TRANSMISSÕES

Relatório apresentado por JOSÉ JORGE CANELAS, do Curso de Máquinas, na Cadeira "Laboratórios de Ensaios de Máquinas", 2.ª parte, da regência do Ex.mo Sr. Eng.º António Portela, no ano de 1946/47

(Continuação)

C. D. 621.8

Vacumatic

Este sistema, montado pela Chrysler Motors Co. nos seus automóveis Chrysler, consta de uma embraiagem hidráulica e de uma caixa de carretos mais ou menos convencional.

Com o fim de evitar arrastamento quando se passa do ponto morto à marcha à frente ou à marcha atrás, existe uma embraiagem vulgar de discos, entre a embraiagem hidráulica e a caixa (Fig. 33).

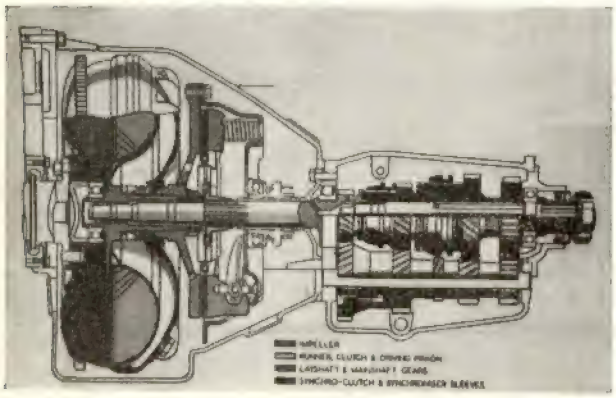


Fig. 33

A caixa tem quatro velocidades para a frente.

Uma alavanca de comando com duas posições, Low ou High, permite escolher ou as duas velocidades mais baixas ou as duas mais altas. Dentro dessa posição escolhida, a passagem de uma à outra das velocidades, em qualquer dos sentidos é feita automàticamente, dependendo a sua escolha da velocidade do carro e posição do acelerador. Na caixa há três alavancas de corrediça, duas das quais estão ligadas ao comando que vem da coluna de direcção, uma para a escolha de marcha atrás, outra para as posições Low e High; a terceira alavanca, que está sob a acção de uma mola, é comandada de uma câmara de depressão e executa as mudanças em qualquer dos sentidos nas duas posições Low e High (Fig. 34).

Na caixa de velocidades (Fig. 34) temos o veio motor com o seu pinhão de ataque (Drive pinion), constantemente engatado com um carreto do veio secundário como nas caixas convencionais; este carreto porém, aqui é de roda livre (Countershaft free wheeling gear). Este carreto de roda livre acciona o veio secundário em primeira, terceira e marcha atrás.

Em engate constante com o carreto de terceira do veio secundário, está o carreto de terceira do veio primário, que pode ser fixado a esse veio por uma união com sincronização, de comando manual, que deslisa longitudinalmente, ou ainda acoplada ao pinhão de ataque por meio de um cone de sincronização automático.

Quando se liga o carreto de terceira ao veio primário, o movimento longitudinal da união vai fazer com que o carreto de primeira do primário também fique acoplado ao veio.

Na outra extremidade da caixa temos, tanto no veio primário como no secundário, os carretos de marcha atrás acoplados por um carreto intermediário.

Vamos ver agora o que se passa nas várias velocidades.

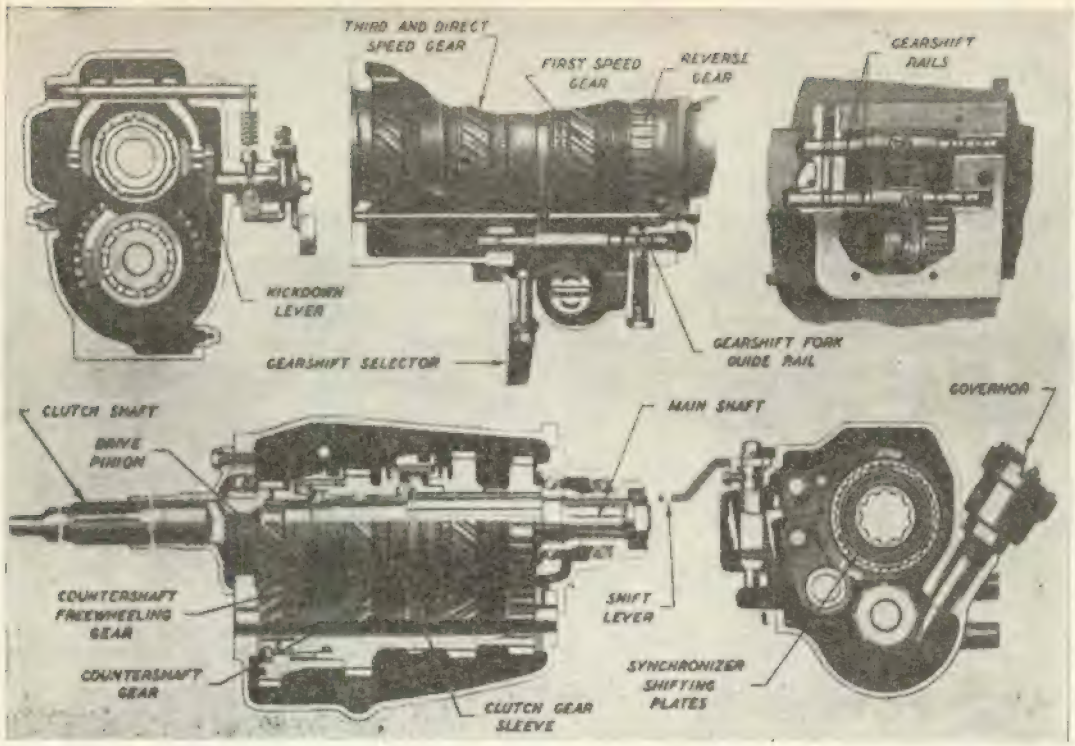


Fig. 34

Ponto morto:

O movimento passa do pinhão de ataque (2) ao pinhão de roda livre (3) fazendo girar o veio secundário.

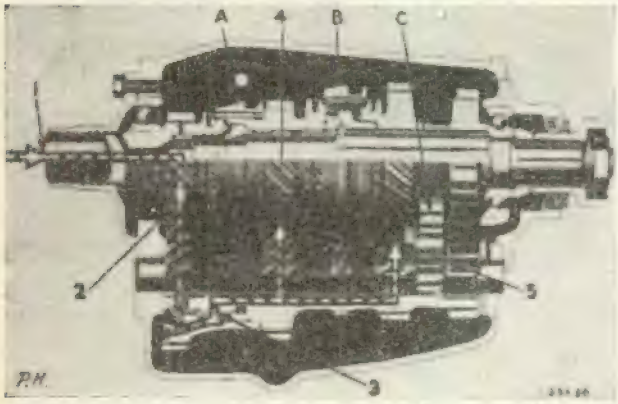


Fig. 35

Por intermédio dos carretos deste veio, passa aos carretos de primeira e terceira do veio primário. Como estes carretos estão soltos nesse veio, o movimento perde-se aí.

Primeira:

O movimento passa do pinhão de ataque ao carreto de roda livre do secundário, deste veio por intermédio do carreto de primeira

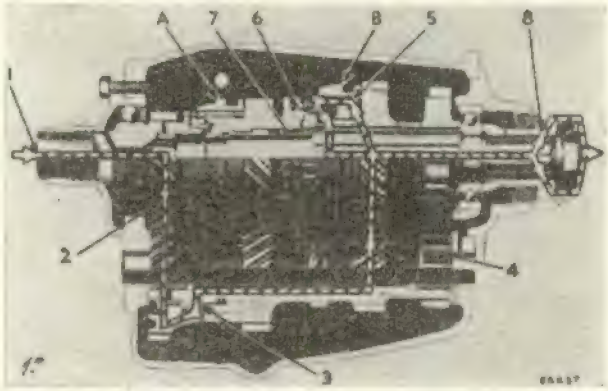


Fig. 36

passará ao carreto de primeira do veio primário. Daí, por intermédio da união sincronisada de comando manual (B), ao veio secundário, donde passa à transmissão.

Segunda:

A união sincronizada automática (A), engatou agora o pinhão de ataque ao pinhão de terceira do primário.

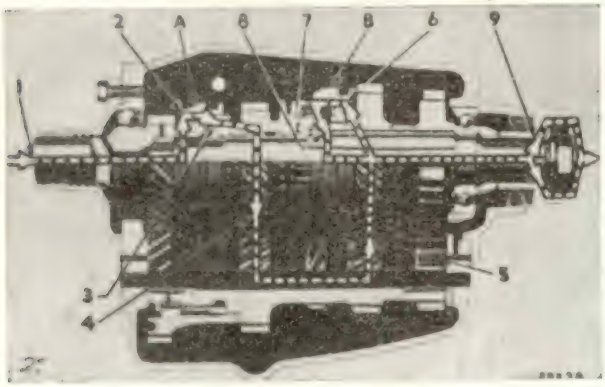


Fig. 37

Daí passa ao veio secundário, donde passará ao primário, como no caso da primeira.

Terceira:

O movimento passa ao veio secundário como no caso da primeira e daí, pelo carreto de terceira, ao de terceira do primário.

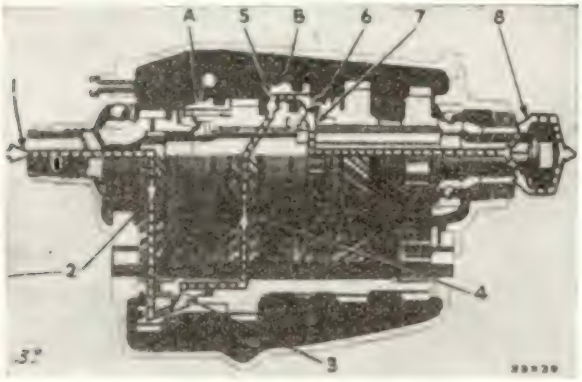


Fig. 38

Depois, à união sincronisada de comando manual, que liga agora o carreto de terceira ao veio primário.

Quarta:

A união sincronisada automática veio à frente para acoplar o carreto de terceira ao pinhão de ataque.

A união sincronisada de comando manual veio também à frente para fixar o carreto de terceira do veio primário.

O movimento passa então directamente do pinhão de ataque ao veio de transmissão.

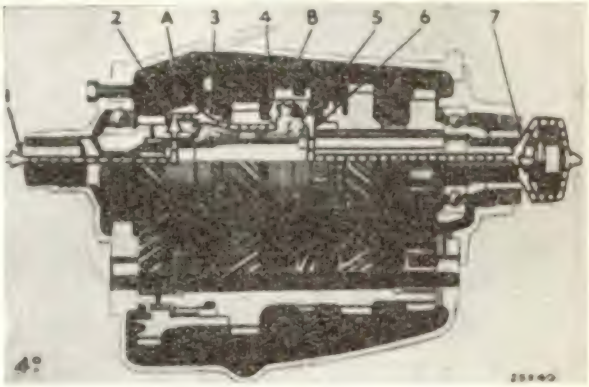


Fig. 39

Marcha atrás:

O movimento transmite-se como no caso do ponto morto.

O carreto do veio intermédio é agora deslocado para trás, acoplando os carretos de marcha atrás dos veios primário e secundário.

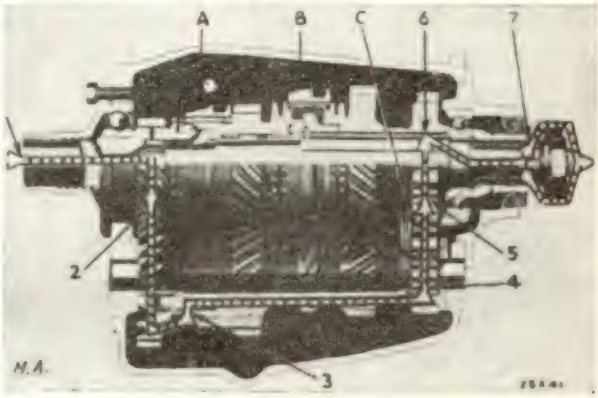


Fig. 40

Por estas descrições chega-se à conclusão (ver fig. esquemática 41) de que a alavanca, mudando da posição Low à High, vai actuar a união sincronizada de comando manual; é o comando automático que escolhe entre as duas velocidades permitidas, actuando a união sincronizada automática.

Semelhantemente ao que acontece no Liquamatic, para que as mudanças se

possam efectuar automàticamente sem desembraiar, temos que arranjar um dispositivo que evite o arraste.

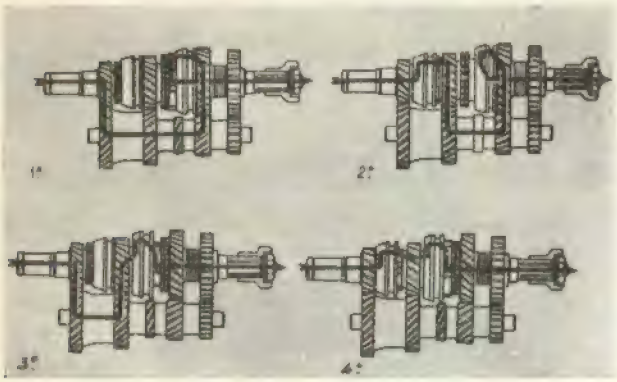


Fig. 41

Nas mudanças para cima, a roda livre do pinhão do secundário permite que se suba de velocidade; para descer, porém, é necessário que durante uma fracção de segundo deixe de haver tracção do pinhão de ataque ao carreto de terceira, para que a união automática possa desengatar. Semelhantemente ao que vimos no Liquamatic, vai-se desligar o motor durante uma fracção de segundo.

Como vimos, a escolha de uma velocidade automática é influenciada pela velocidade do carro e pela depressão do motor.

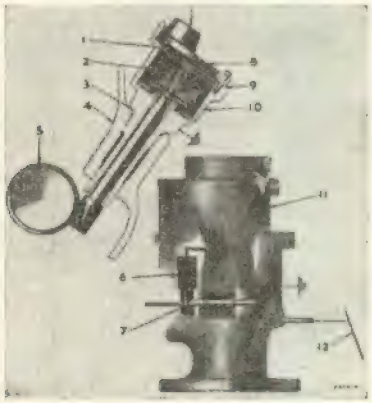


Fig. 42

Um regulador centrífugo (fig. 34 e fig. 42) montado no veio de transmissão, vai actuar com velocidade proporcional à do carro, fazendo ou desfazendo um contacto eléctrico e indo assim comandar as mudanças de primeira a segunda em Low, e de terceira a quarta em High.

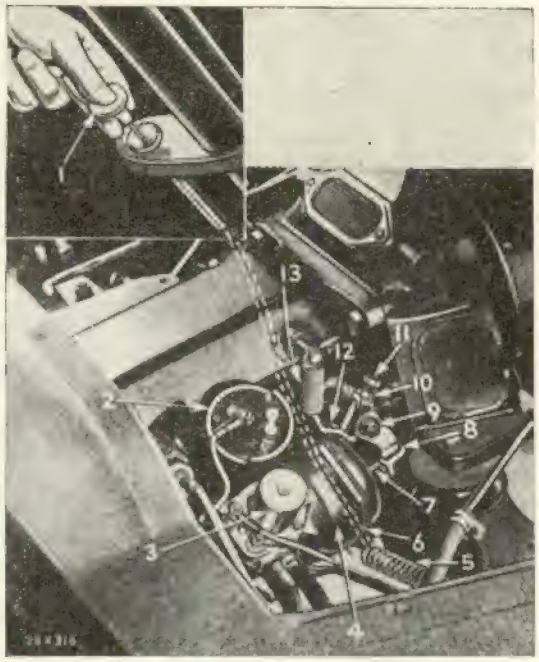


Fig. 43

O pedal acelerador (fig. 42), ao ser premido, vai actuar também um contacto, fazendo-se as mudanças de segunda a primeira em Low, e de quarta a terceira em High.

O sistema de contrôle consta de uma câmara de vazio (fig. 43, 44 e 45) (7), do solenoide (3) e regulador (2).

A mola (12) tende a engatar a união automática, isto é, meter segunda e quarta, quando a haste da câmara de vazio (7) sai do caminho da alavanca (8). Vejamos nas figs. 44 e 45 o que pode fazer mover esta haste.

Estando a haste recolhida (fig. 44), o comando em Low e supondo o carro em andamento em patamar, vai a segunda engatada.

Aceleremos bruscamente. O acelerador estabelece o contacto, passará corrente ao solenoide 1 que fechará a válvula 4, permitindo pois que a mola 10 faça avançar a haste.

A cabeça da haste, ao passar sobre o in-

terruptor 7, desligará momentâneamente a ignição, e a primeira foi metida automàticamente.

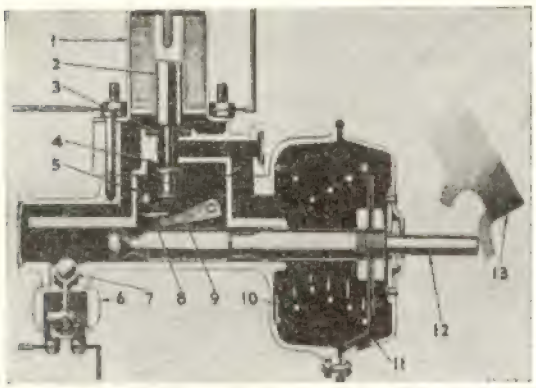


Fig. 44

O carro agora vai acelerando, o regulador desfaz o contacto, deixa de passar corrente no solenoide 1, solta-se a válvula 4 e, assim que a depressão atinge determinado valor, a mola 10 é comprimida, recolhendo a haste.

No seu movimento para trás, a cabeça da haste vai desligar momentâneamente a ignição, e a segunda entrará automàticamente (fig. 45).

Idênticamente em High.

No esquema eléctrico do sistema, se vê melhor o que se passa (fig. 46).

O solenoide está ligado a um dos polos

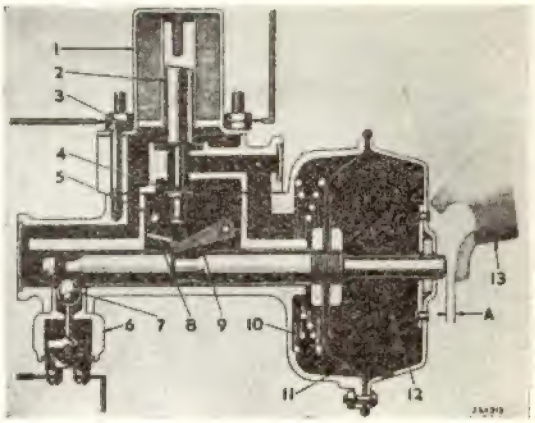


Fig. 45

da bateria pela chave de ignição (ignition switch).

O circuito primário pode ser interrompido antes de chegar aos platinados, pelo interruptor comandado pela cabeça da haste (ignition interruptor switch).

O solenoide comunica à terra pelo interruptor do régulador ou pelo interruptor do carburador. Vamos supor que o carro está em High, mas desta vez parado.

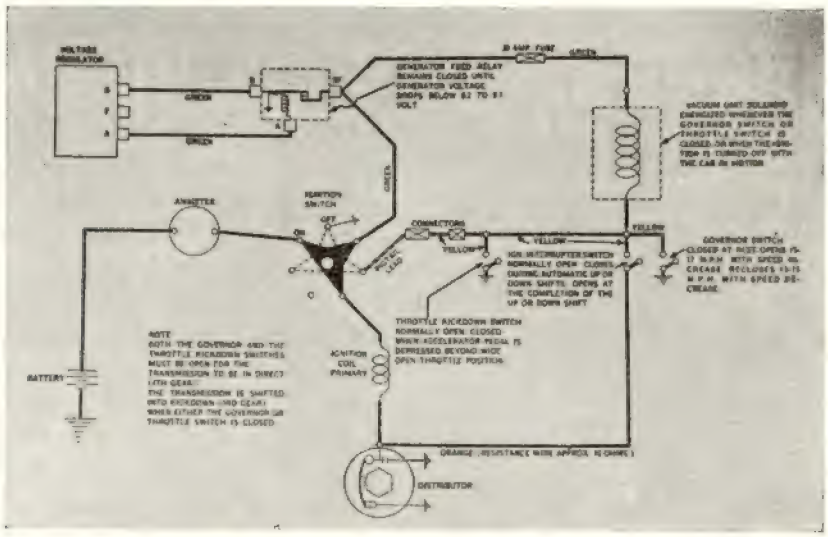


Fig. 46

O interruptor do regulador estará fechado e o do carburador aberto.

Passará a corrente no solenoide, a haste sai e o carro estará em terceira. Comecemos a acelerar. O carro arrancará e, quando atingir 28 k. p. h., o interruptor do regulador abrirá, cortando a corrente ao solenoide. A haste recolhe e dá-se a mudança para a quarta.

Se deixarmos o carro abrandar lentamente, ao chegar aos 24 k. p. h. o interruptor do regulador fecha outra vez, passará de novo corrente no solenoide e engatar-se-á novamente a terceira.

Velocidades a que se efectuam automàticamente as mudanças de velocidade

Velocidades	Posição da alavanca de comando		Velocidades
	Low	High	
1.ª	13 km/h		2.ª
2.ª	11 »		1.ª
3.ª		30 km/h	4.ª
4.ª		25 »	3.ª
Acelerador a fundo	Passa de 2.ª a 1.ª só a velocidade < 45 km/h	Passa de 4.ª a 3.ª só a velocidade < 80 km/h	

Turbo Transmissor Hidráulico Brocknouse

Desde há longos anos que o problema da realização de uma caixa de velocidades, de relação de transformação infinitamente variável entre dois limites, tem prendido a atenção de construtores e desenhadores, dando origem a um grande número de patentes que não tiveram porém uma realização prática aceitável.

A tendência actual da realização de uma transmissão inteiramente automática, em que as diferentes relações de transmissão são escolhidas não pelo critério do condutor, mas sim automàticamente pelas necessidades do momento, teve resolução com o primeiro problema em algumas construções recentes.

De todas elas, a mais moderna, o turbo transmissor Brockhouse, desenhado pela Turbo Transmitters, Ltd. e construído pela Brockouse Engineering, Ltd. é uma transmissão hidráulica directa, com conversor de binário automático e em que o único comando é o pedal do acelerador.

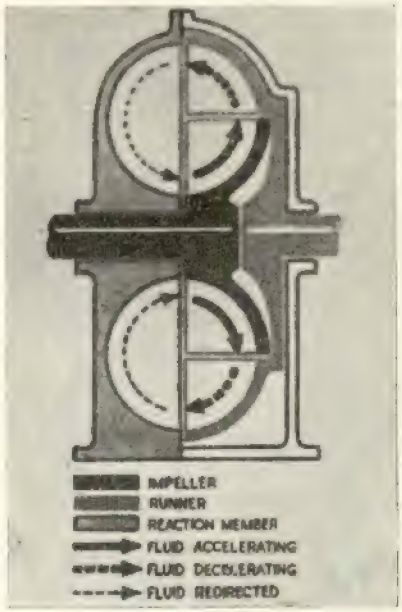


Fig. 47

Um conversor de binário hidráulico, na sua forma mais simples difere de uma embraiagem hidráulica por ser constituído por três órgãos.

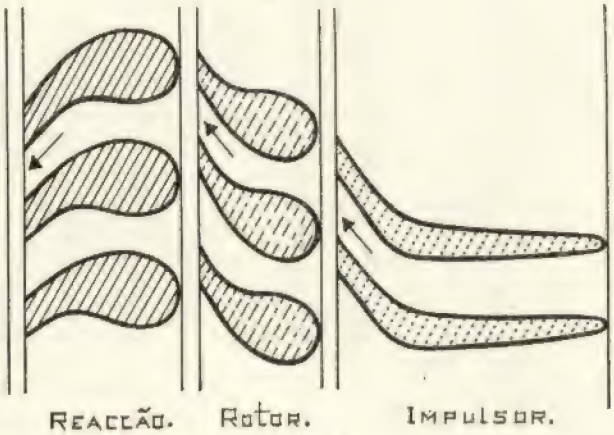


Fig. 48

Um impulsor, um rotor e um órgão de reacção, e ainda por as pás que formam os seus canais não serem radiais, mas curvas.

Façamos um corte planificado dos três órgãos: (Fig. 48)

Semelhantemente ao que fizemos na embraiagem hidráulica, vamos também traçar os diagramas das velocidades para o caso de uma relação de transmissão 1/2.

Vamos supor as seguintes relações entre os raios médios dos canais do impulsor e rotor, à entrada e à saída.

$$\frac{R_{1i}}{R_{2r}} = \frac{1}{2} \qquad e \qquad R_{2i} = R_{1r}$$

$$M_h = K\,(u_1\,C_{u1} - u_2\,C_{u2})$$

é aproveitada na totalidade pelo rotor. A razão está na ausência de choque, tanto à entrada do rotor como à entrada do impulsor.

A ausência da velocidade de choque à entrada do rotor deve-se à configuração bastante arredondada das pás, sem ângulos de entrada bem definidos à entrada do rotor.

A ausência de velocidade de choque à entrada do impulsor deve-se à mudança da orientação e valor da velocidade absoluta do óleo entre a saída do rotor e a entrada do impulsor, variação essa devida à exis-

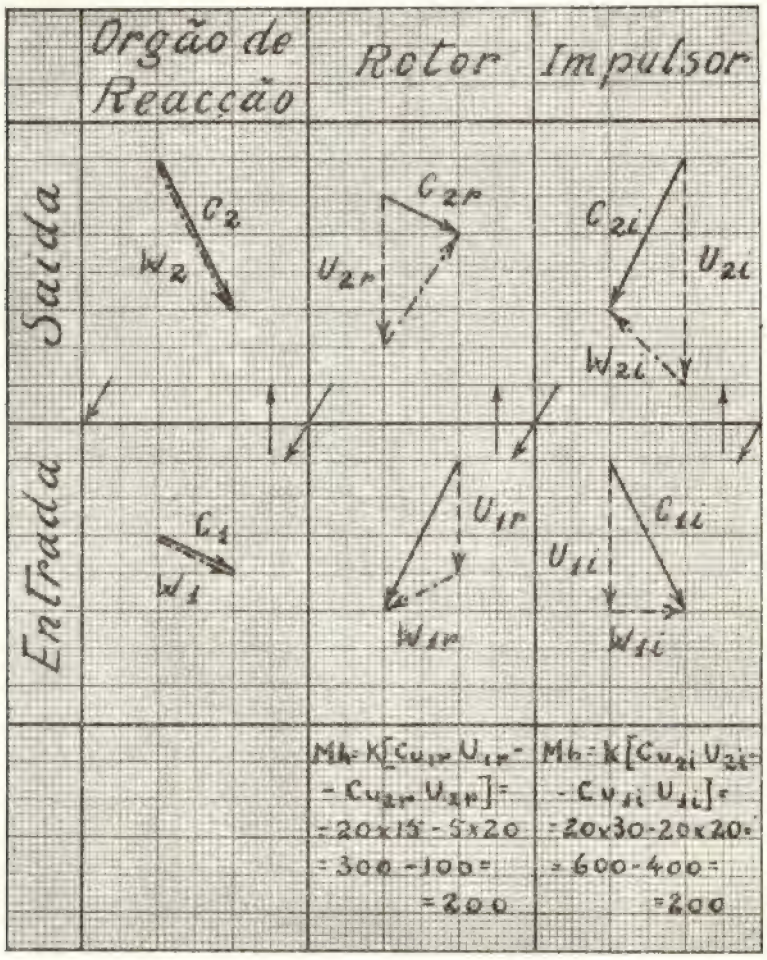


Diagrama 1

Comparando com os diagramas traçados e momentos hidráulicos calculados para o caso da embraiagem hidráulica, vemos que neste caso da relação 1/2 (desprezando os atritos) a energia fornecida pelo impulsor

tência do órgão de reacção, estático, com as pás devidamente orientadas.

As pás do órgão de reacção têm também uma forma de bolbo, para que se não dê choque à entrada.

O limite entre os quais se pode variar as relações de transmissão sem haver diminuição do binário fornecido pelo impulsor, dependerá pois da forma e inclinação das pás do rotor e órgão de reacção.

Na prática, no sistema mais perfeito até agora construído, o turbo transmissor Brockhouse, só se consegue atingir relações de transmissão de sensìvelmente 1/4.

Quando se atinge a relação 1/1, há equilíbrio entre a energia criada pelo impulsor e a criada pelo rotor, isto é, o turbo transmissor trabalha como uma simples união hidráulica. O órgão de reacção, estático como é, viria impedir o bom funcionamento perturbando o estado de equilíbrio do óleo. Parece pois que a solução seria ter um órgão de reacção que, quando o sistema funciona apenas como embraiagem, pudesse girar livremente no mesmo sentido que os outros órgãos, e que quando haja necessidade do sistema trabalhar como conversor de binário, o órgão esteja fixo ou pelo menos não possa girar em sentido contrário.

Vejamos em detalhe o Turbo Transmissor Hidráulico Brockhouse.

Os dois andares têm por fim o aproveitar o binário motor numa maior amplitude de relações de transmissão do que só com um andar (chega a funcionar sem perdas até às relações de sensìvelmente 1/4).

O impulsor (fig. 50) é formado por duas chapas circulares de aço prensado, aparafusadas de modo a formarem uma caixa, na parte anterior da qual estão fixas as pás e um anel de guiamento. As pás estão dispostas radialmente até um ponto sensìvelmente a meio dos canais, a partir do qual se encurvam, formando canais convergentes.

O rotor é formado também por uma chapa de aço prensada, côncava, onde se fixam duas séries de pás. Uma série, formando o primeiro andar, é fundida integralmente com o cubo; na outra série estão, como no impulsor, ligadas a um anel interior prensado, aparafusado ao exterior. O rotor está fixo ao extremo do veio de transmissão, que atravessa todo o conjunto. Entre os dois andares do rotor está o primeiro andar do órgão de reacção.

O órgão de reacção consiste também em duas séries de canais, o primeiro andar do

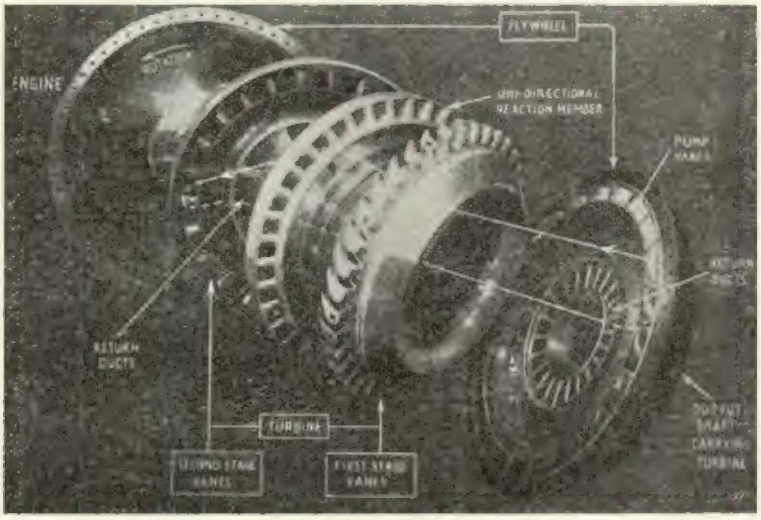


Fig. 49

Consta de um impulsor, um rotor de dois andares e de um órgão de reacção também de dois andares e fixo por intermédio de uma roda livre que lhe permite girar, mas só no sentido motor.

qual é formado por uma série de pás fundidas juntamente com dois anéis, um exterior e outro interior.

Este andar é fixo ao segundo (que consta também de uma série de pás fundidas jun-

tamente com dois anéis) por um rolamento e dispositivo de roda livre.

lhantemente ao que acontecia na embraiagem hidráulica, vai-se criar uma certa

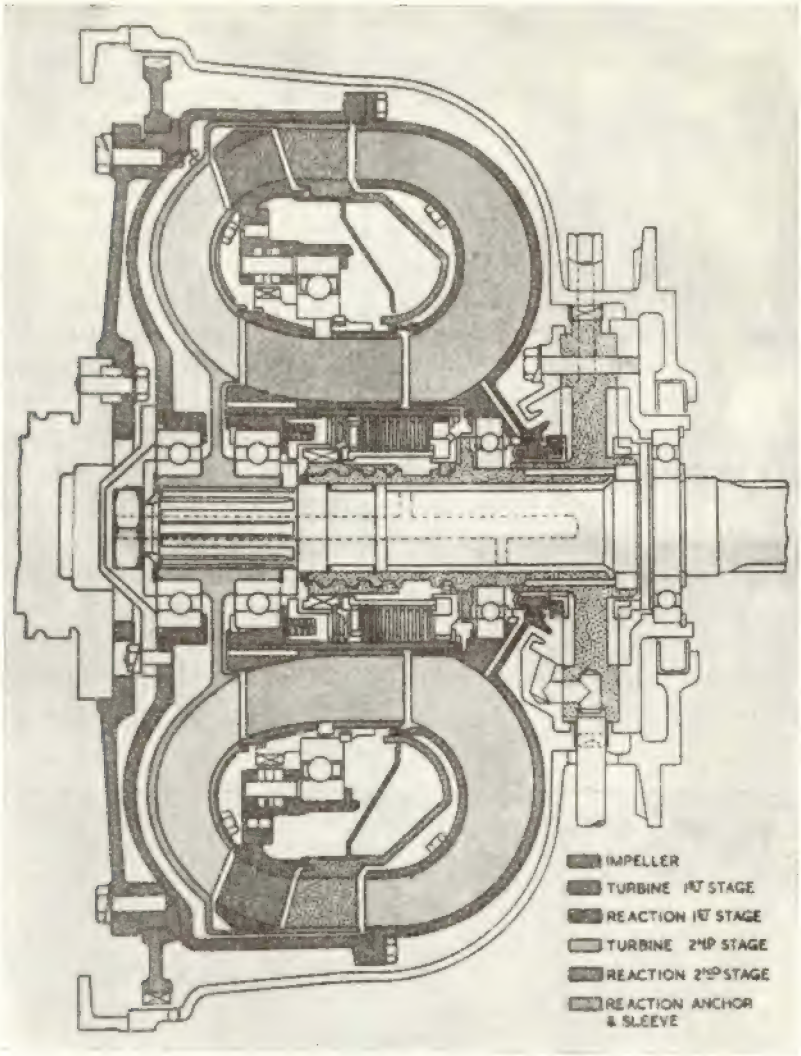


Fig. 50

Este segundo andar de reacção está apoiado numa manga fixa, que envolve o veio de transmissão.

Sob esta camisa, existe um dispositivo de roda livre para o segundo andar de reacção, formado por grampos e uma embraiagem de discos múltiplos.

Vejamos o funcionamento.

Façamos um corte planificado do sistema (fig. 51)

Ao começar o impulsor a girar, semeenergia L que vai imprimir ao óleo uma dada velocidade de circulação Cm.

O óleo tenderá a sair do impulsor com uma velocidade absoluta C e passar ao primeiro andar do rotor T_1 onde, devido à forma de bolbo que as pás têm, entrará sem choque (só no caso de uma velocidade Cm muito elevada haverá choque).

Uma parte L_1 de energia L que o óleo possui, vai ser aproveitada a vencer o momento resistente.

O óleo vai agora entrar no primeiro andar de reacção R_1 também sem choque, devido à forma das pás. Devido à orientação

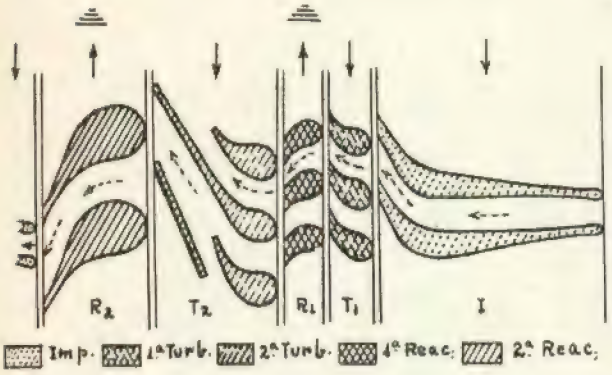


Fig. 51

dos canais, este órgão iria girar em sentido contrário se não fosse o dispositivo de roda livre. Ele vai orientar e manter, ou mesmo aumentar, a velocidade para a entrada do segundo andar do rotor T_2.

Aí, a parte restante L_2 da energia que o óleo possui, é utilizada em vencer o momento resistente.

Neste sistema, se a relação de transmissão for inferior a 1/4 será

$$L = L_1 + L_2$$

Isto é, não há perdas de energia.

O óleo seguidamente passará ao segundo andar de reacção R_2 onde será orientado para a entrada do impulsor I, onde se fechará o circuito.

À medida que nos vamos aproximando da igualdade entre o momento resistente e o momento motor, a velocidade de circulação do óleo vai diminuindo, até se anular de todo quando aquela igualdade se verifica, em virtude de, como se viu na embraiagem hidráulica, as energias criadas pelo impulsor e rotor serem iguais e tenderem a enviar o óleo em sentidos contrários.

Os órgãos de reacção serão agora arrastados juntamente com o rotor e impulsor.

Ao haver uma variação entre os momentos, haverá uma variação entre as velocidades a que o rotor e o impulsor giram, cria-se uma circulação de óleo, os órgãos de reacção tendem a girar em sentido contrário, mas são impedidos pelas rodas livres, mantendo-se estacionários e dá-se automàticamente a mudança de simples embraiagem hidráulica para conversor de binário.

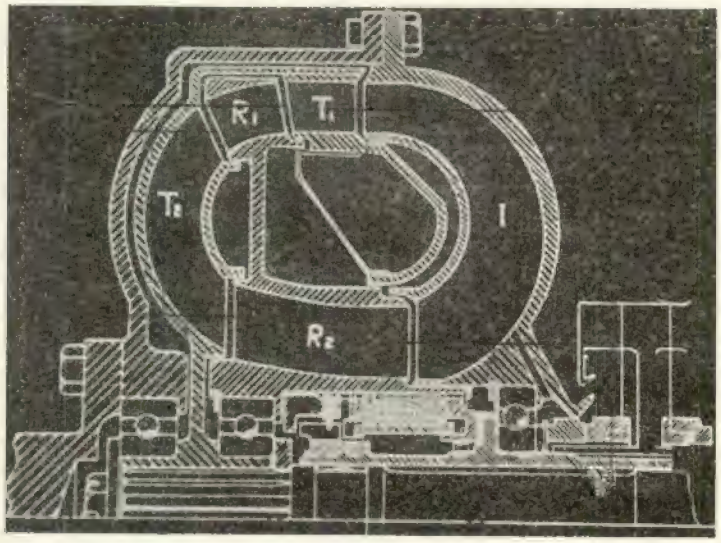


Fig. 52

Uma transmissão destas, montada num carro, dará sempre uma relação de 1/1 desde que as condições o permitam. Um aumento da resistência ao avanço do carro (aumento

do momento resistente) ou uma abertura rápida do acelerador (aumento do momento motor) trás como consequências imediatamente e automàticamente uma conversão do binário.

Quando se monta um dispositivo de marcha atrás, é sempre conveniente instalá-lo entre o turbo transmissor e o diferencial, e não entre o motor e o turbo transmissor, por idênticas razões.

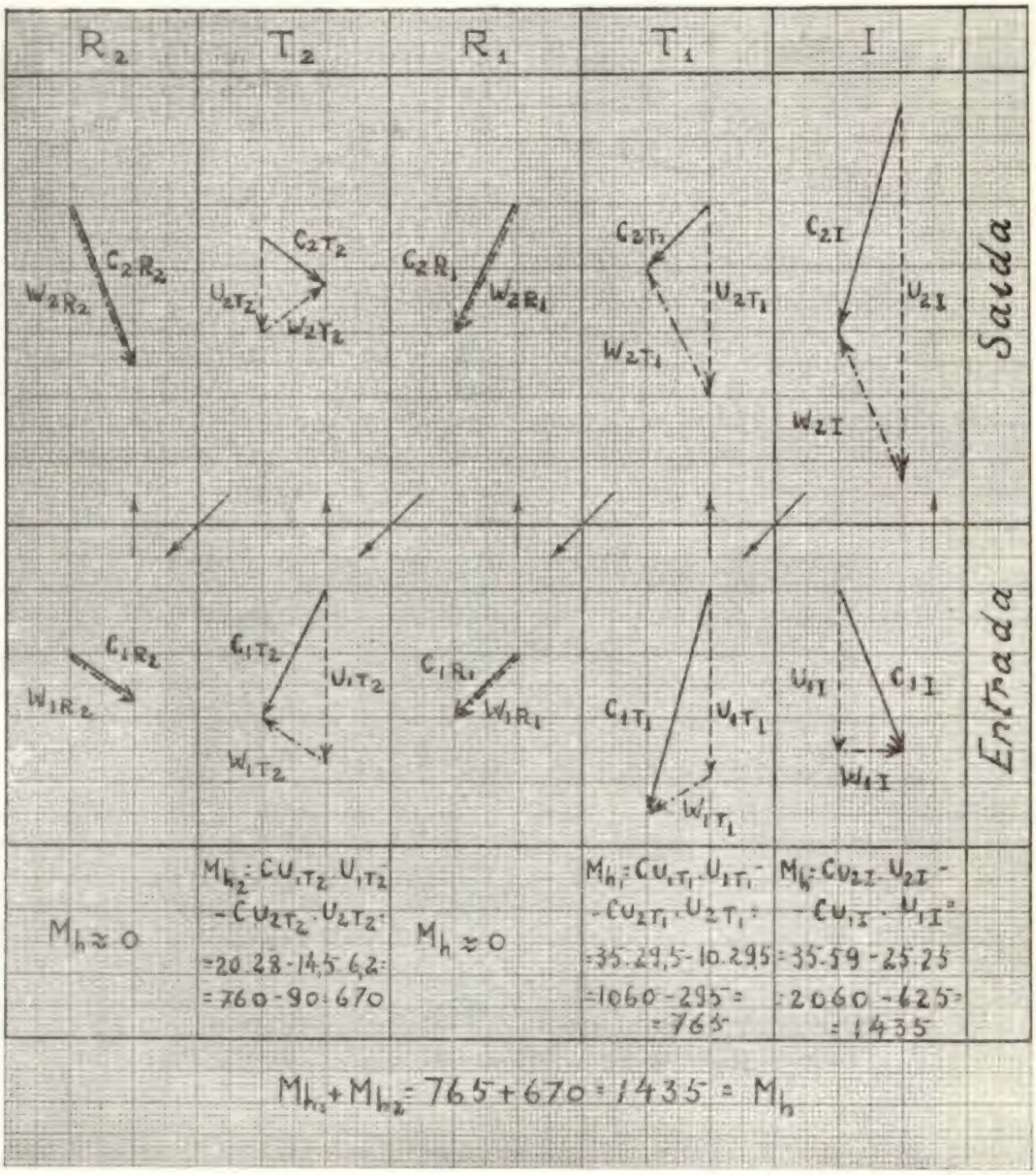


Diagrama 2

Quando se dá o caso de ser o carro a puxar pelo motor, não se dará conversão de binário e o sistema funcionará como uma simples embraiagem hidráulica, fornecendo só uma relação de 1/1.

Semelhantemente, como fizemos atrás, vamos traçar os diagramas das velocidades para o caso do turbo transmissor.

Vamos fazer as velocidades periféricas proporcionais aos raios do ponto médio dos

canais (Fig. 52) e às velocidades angulares ω com que giram os vários órgãos.

$U_1I.\therefore b$ $U_1T_1.\therefore b$ $U_1R_1.\therefore e$ $U_1T_2.\therefore d$ $U_1R_2.\therefore c$

$U_2I.\therefore a$ $U_2T_1.\therefore c$ $U_2R_1.\therefore d$ $U_2T_2.\therefore c$ $U_2R_2.\therefore b$

Vamos supor um escorregamento de 50 °/₀, isto é, o rotor gira com metade da velocidade do impulsor.

Como se vê neste caso de relação de transmissão 1/2, toda a energia fornecida pelo impulsor é aproveitada pelo rotor.

Vantagens e inconvenientes — Condução

É uma transmissão completamente silenciosa e em que o condutor deixa de estar preocupado com a necessidade de efectuar mudanças, tendo a enorme vantagem de escolher automáticamente a relação de transmissão mais conveniente a um dado instante, ou melhor a um instante que passou.

Evidentemente, que para o conductor hábil como um corredor, que escolhe um instante antes a relação de que vai precisar em dado momento, a transmissão não satisfaz.

Uma transmissão deste tipo oferece a vantagem de que enquanto se vão efectuando as mudanças de velocidades contínuas e infinitas entre os dois limites nunca deixará o motor de estar em ligação com a transmissão.

A altas velocidades, o facto de durante instantes deixar de haver esta ligação, tem uma grande importância sobre o domínio que o condutor tem sobre o carro.

Nas tentativas para bater o «record» do mundo de velocidade pura tem surgido esta dificuldade e por isso a casa Mercedes Benz no carro que tinha preparado em 1939 para tentar este record usava um turbo conversor de binário.

Como a relação de transmissão varia entre 1/1 e sensìvelmente 1/4, este sistema só é indicado para carros com uma relação potência/peso elevada.

Um outro inconveninte de bastante importância é que o conversor de binário só multiplica o binário máximo do motor e portanto, em todas as condições em que a relação de transmissão é diferente de 1/1, é impossível ultrapassar o número de rotações a que se dá o binário máximo. A potência de que se pode vir a dispor fica pois bastante reduzida.

Vamos fazer algumas hipóteses para ver o que se passa.

Suponhamos que o carro vai em patamar com acelerador a fundo e com o motor ao número de rotações superior aquelas que correspondem ao binário máximo (suponhamos que é por exemplo a 2.000 r. p. m. que se dá o binário máximo).

Se ele encontrar uma rampa de inclinação crescente vai dar-se o seguinte.

As rotações, continuando o acelerador a fundo, vão decrescendo, mantendo-se todavia a relação 1/1 até atingirmos as 2.000 r. p. m., à medida que o momento resistente aumenta.

Quando ele ultrapassa o valor ao qual corresponde o binário máximo do motor, o conversor de binário vai começar a funcionar, começando a variar a relação de transmissão, mas mantendo-se o número de rotações.

Quando se atinja a relação 1/4 o binário do veio de transmissão será quatro vezes o binário motor e chegamos ao limite subida do carro, para a frente do qual as rotações cairão e o motor parará.

Suponhamos agora que em patamar, com o carro a uma velocidade tal que o motor não vá ainda a desenvolver o binário máximo, aceleramos bruscamente a fundo.

O motor acelerará até às 2.000 r. p. m. Dá-se a conversão máxima de binário e à medida que o momento resistente vai diminuindo vamos indo para a relação 1/1 sem que as r. p. m. aumentem.

Quando se atinge a relação 1/1, e que o momento resistente continua a diminuir, o número de r p. m. vai subindo.

Resumindo, vê-se pois que é impossível puxar o motor acima do número de rotações a que corresponde o binário máximo, quando a relação de transmissão não seja de 1/1.

Em virtude de desde a data em que este relatório foi apresentado até hoje, ter havido um desenvolvimento grande destes sistemas apresentados, está em preparação um aditamento em que se estudarão os sistemas aparecidos posteriormente.

BIBLIOGRAFIA

Revistas:

The Autocar.
The Motor.
Automobile Engineer.

Livros:

El Automovile — A. Paz.
Motores Hidráulicos — L. Quantz.
Bombas Centrifugas — L. Quantz.
Automobile Engineering — Odhams.
Tovque Converters — Heldt.
Automobile Engineering — Kuns.

SECAGEM

PELO ENG.º QUÍMICO-INDUSTRIAL LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
Assistente do I. S. T.

C. D. 66.047.001

Introdução

A secagem, que consiste na separação de um sólido [1], de um líquido, por vaporização [2] deste último, pode apresentar dois aspectos distintos, de acordo com as quantidades relativas de sólido e de líquido. Se a quantidade de líquido é muito grande, o sólido ou está em solução ou constitui uma suspensão muito diluída [3]; nestas condições, a secagem resume-se, pràticamente, a uma simples vaporização do líquido e tem o nome de *evaporação*. Se a quantidade de sólido é muito grande, o líquido ocupa os poros desse sólido e a secagem é um fenómeno mais complexo, análogo, até certo ponto, ao da extracção de sólidos e consiste, em primeiro lugar, na difusão do líquido até à superfície e, em segundo lugar, na vaporização do líquido que já atingiu a superfície; este caso constitui a *secagem* pròpriamente dita.

Em qualquer dos casos, é necessário fornecer uma certa quantidade de calor para vaporizar o líquido, a qual se calcula a partir do estudo termodinâmico da vaporização; por outro lado, o tempo em que essa quantidade de calor deve ser fornecida, depende dos coeficientes de transmissão e, portanto, há que fazer o estudo da transmissão de calor. Resolvido o problema sob o aspecto teórico, resta estudar a aparelhagem utilizada, quer na evaporação, quer na secagem e, simultâneamente, analisar os sistemas de remoção dos vapores produzidos pela vaporização.

(1) Também se pode efectuar a secagem de gases ou de líquidos.

(2) A secagem pode fazer-se por processos diferentes: Congelação, decomposição do líquido, precipitação, absorpção e separação mecânica.

(3) O constituinte solúvel pode ser um líquido, mas isso não altera os raciocínios.

CAPÍTULO I

ESTUDO TERMODINÂMICO DA VAPORIZAÇÃO

a) *Generalidades*

O estudo da vaporização exige um conhecimento geral da Termodinâmica dos Vapores. Actualmente, a Termodinâmica dos Vapores não faz parte do curso de Física e só, por vezes, é dada na cadeira de Máquinas. Por isso, vamos admitir que o assunto não é conhecido em todos os pormenores; mas, como por outro lado, em linhas gerais, se tem um conhecimento do comportamento dos vapores, limitamo-nos a fazer uma sistematização resumida dos pontos principais.

b) *Condições críticas*

Consideremos o diagrama p — v de um gás [1] e tracemos uma rede de isotérmicas, admitindo que é válida a equação de Van der Walls [2]:

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)\left(v - b\right) = RT$$

ou

$$p = \frac{RT}{v - b} - \frac{a}{v^2}$$

(As isotérmicas obtêm-se dando diferentes valores a T).

(1) Física Geral e Experimental — Termodinâmica.

(2) Idem — Teoria cinética dos gases.

Esta equação só é válida enquanto o gás não se liquefizer, isto é, enquanto se comportar como um fluido compressível, para o qual como se sabe [3], é

$$v = v\,(p) \quad \text{ou} \quad p = p\,(v)\,.$$

Quando o gás se liquefizer o fluido pode ser considerado, pràticamente, como incompressível, e, portanto p = constante, ou

$$\frac{dp}{dv} = 0\,.$$

Esta condição implica, também que a 2.ª derivada seja nula $\left(\frac{d^2 p}{dv^2} = 0\right)$, porque se não fosse, o valor de p teria um mínimo, o que não é possível visto que o volume específico diminui à medida que p aumenta.

Ter-se-á, portanto,

$$\frac{dp}{dv} = -\frac{R\,T}{(v-b)^2} + \frac{2\,a}{v^3} = 0$$

$$\frac{d^2 p}{dv^2} = \frac{2\,R\,T}{(v-b)^3} - \frac{6\,a}{v^4} = 0$$

O sistema destas duas equações e a equação de Van der Walls, permite determinar os valores de T, v e p, que se designam por *valores críticos* e se representam com o índice c. Ter-se-á

$$T_c = \frac{8\,a}{27\,R\,b} \quad (\text{e } \theta_c = T_c - 273)$$

$$v_c = 3\,b$$

$$p_c = \frac{a}{27\,b^2}$$

A temperatura crítica, que substituída na equação de Van der Walls dá a equação da *isotérmica crítica*, representa a temperatura acima da qual não é possível liquefazer o gás.

No quadro I, indicam-se os valores de a e b para diferentes substâncias e os valores críticos obtidos por cálculo e reais; nos valores críticos inclui-se a massa específica crítica ρ_c expressa em gramas por centímetro cúbico.

Para fazer o cálculo é necessário fixar o valor de R, que depende das unidades. Os valores mais usuais são os que se indicam a seguir, representando a molécula grama por mg, as pequenas calorias por pc e os graus absolutos por gK.

$$1)\quad R = \frac{p_o\,v_o}{T_o} = \frac{1{,}033 \times 22400}{273}\;\frac{\text{Kg cm}^{-2}\,\text{cm}^3\,\text{mg}^{-1}}{\text{gK}} =$$

$$= 84{,}8\ \text{kgcm . mg}^{-1}\,.\,\text{gK}^{-1} =$$

$$= 0{,}848\ \text{kgm . mg}^{-1}\,.\,\text{gK}^{-1} \sim 2\ \text{pc . mg}^{-1}\,.\,\text{gK}^{-1}.$$

As unidades de a e b serão

$$[b] = [v] = \text{cm}^3\ \text{mg}^{-1}$$

$$[a] = [p]\ [b^2] = \text{kg cm}^{-2}\ \text{cm}^6\ \text{mg}^{-2} = \text{kg cm}^4\ \text{mg}^{-2}$$

O valor de ρ_c será

$$\rho_c = \frac{1}{v_c}\ \text{mg cm}^{-3} = \frac{M}{v_c}\ \text{gr cm}^{-3}$$

sendo M a massa molecular.

$$2)\quad R = \frac{p_o\,v_o}{T_o} = \frac{1 \times 22400}{273}\;\frac{\text{atm . cm}^3\,\text{mg}^{-1}}{\text{gK}} =$$

$$= 82{,}07\ \text{atm cm}^3\ \text{mg}^{-1}\ \text{gK}^{-1}$$

e

$$[b] = \text{cm}^3\ \text{mg}^{-1}$$

$$[a] = \text{atm . cm}^6\ \text{mg}^{-2}$$

$$\rho = \frac{M}{v_c}\ \text{gr cm}^{-3}$$

$$3)\quad R = \frac{p_o\,v_o}{T_o} = \frac{1 \times 23{,}4}{273}\;\frac{\text{atm . litro . mg}^{-1}}{\text{gK}} =$$

$$= 0{,}08207\ \text{atm . litro . mg}^{-1}\ \text{gK}^{-1}$$

$$[b] = \text{litro mg}^{-1}$$

$$[a] = \text{atm . (litro)}^2\ \text{mg}^{-2}$$

$$\rho = \frac{1}{v_c}\ \text{mg (litro)}^{-1} = \frac{M}{v_c}\ \text{gr (litro)}^{-1} =$$

$$= \frac{M}{1000\,v_c}\ \text{gr cm}^{-3}$$

Na elaboração do quadro, utiliza-se o valor $R = 0{,}08207$ atm . litro . $\text{mg}^{-1}\ \text{gK}^{-1}$.

(3) «Transporte de Gases», «Técnica» n.º 177.

QUADRO I

Substância	a em atm. (litro)^2 mg^{-2}	b em litro mg^{-1}	θ_c em graus C.		p_c em atmosf.		v_c em litro mg^{-1}		ρ_c em gr cm^{-3}	
			Calcul.°	Real	Calculado	Real	Calcul.°	Real	Calcul.°	Real
Ar	1,33	0,0366	-142	-140,7	36,8	36,6	0,1098	—	0,27	0,35
Amoníaco	4,17	0,0371	133	132,4	114	111,5	0,1113	0,0724	0,153	0,235
Argon	1,35	0,0323	-121	-122	48	48	0,0969	0,0752	0,413	0,531
CO^2	3,60	0,0428	29	31,1	72,7	73,0	0,1284	0,0955	0,460	0,46
S^2C	11,62	0,0768	272	273	73	76	0,2304	—	0,330	—
Cloro	6,50	0,0562	145	144	76,3	76,1	0,1686	0,124	0,421	0,573
Hélio	0,034	0,0237	-267,9	-267,9	2,24	2,26	0,0711	—	0,0562	0,0693
Hidrogénio	0,245	0,0266	-239,9	-239,9	12,8	12,8	0,0798	0,0645	0,0252	0,031
ClH	3,667	0,0408	52	51,4	81	81,6	0,1224	0,087	0,298	0,42
SH^2	4,431	0,0429	99	100,4	89,1	88,9	0,1287	—	0.264	—
Mercúrio	8,093	0,0170	1467	—	1040	—	0,0510	—	3,92	—
NO	1,340	0,0279	-96	-94,0	63,7	65,0	0,0831	—	0,361	0,52
Azoto	1,347	0,0386	-147	-147,1	33,5	33,5	0,1158	0,090	0,242	0,311
Oxigénio	1,36	0,0319	-119	-118,8	49,5	49,7	0,0957	0,074	0,334	0,430
SO^2	6,80	0,0572	156	157,2	77,0	77,7	0,1716	0,123	0,373	0,52
SO^3	—	—	—	218,3	—	83,6	—	—	—	0,630
Água	5,48	0,0306	373	374,0	217	217,7	0,0908	0,045	0,196	0,4
Acetilena	4,37	0,0512	35	36,0	61,8	62	0,1536	0,113	0,169	0,231
Benzeno	18,00	0,1154	290	288,5	50	47,7	0,3462	—	0,226	0,304
Etana	5,489	0,0638	37	32,1	50	48,8	0,1914	—	0,157	0,21
Metana	2,25	0,0428	-84	-82,5	45,5	45,8	0,1284	0,099	0,125	0,162

Na prática utilizam-se várias fórmulas empíricas para a determinação das condições críticas, como por exemplo as de Meissner e Redding (ver «Chemical Process Principles», de Hougen e Watson, 1.° volume, pág. 70); não vale a pena considerá-las para a sequência do artigo.

As relações entre as condições num dado instante as condições críticas têm o nome de condições reduzidas, e indicam-se com o índice r. Será, portanto

$$T_r = \frac{T}{T_c}$$

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_c}$$

$$p_r = \frac{p}{p_c}$$

c) *Isotérmicas para temperaturas inferiores à crítica*

Como se viu, se $T < T_c$ a equação de Van der Walls deixa de ser válida e há que procurar portanto qual a nova forma das isotérmicas.

Suponhamos um gás abaixo da temperatura crítica mas a pressões suficientemente baixas para não se dar a condensação; este gás satisfaz à equação de Van der Walls e tem o nome de *vapor sobreaquecido*. Se a pressão aumentar, atingir-se-á um ponto do diagrama p — v para o qual o vapor começa a condensar *(vapor saturado)* e ao qual corresponde uma temperatura chamada *temperatura de ebulição* e que se mantém durante a condensação, se a pressão se man-

tiver constante. O volume específico que tinha o valor v_g no início da condensação diminui até ao valor v_l que é o volume específico do líquido no fim da condensação; num ponto intermédio, se for x a fracção ou título em peso do vapor existente na mistura líquido-vapor, (à qual se dá o nome de *vapor húmido*), o volume específico correspondente a esse título será

$$v = x\, v_g + (1 - x)\, v_l\,.$$

Quando se atingir o ponto final da condensação, o fluido passa a ser pràticamente incompressível e as isotérmicas são aproximadamente rectas paralelas ao eixo das pressões.

Durante a vaporização as isotérmicas são as mesmas traçadas em sentido inverso. Conclui-se portanto que as isotérmicas para temperaturas inferiores à crítica são curvas compostas de 3 ramos:

1) Vapor sobreaquecido — Satisfazendo à equação de Van der Walls
2) Líquido — Aproximadamente paralelos ao eixo das pressões e de equação

$$v = \text{constante} = v_l$$

3) Vapor húmido — Paralelas ao eixo dos volumes específicos e de equação

$$p = \text{constante}$$

Resta determinar o valor desta constante em função da temperatura, para o que se utiliza a 1.ª fórmula de Clapeyron que, como se sabe [1] é

$$l = T\,\frac{\partial p}{\partial T}\,,$$

sendo l o calor latente de dilatação que se calcula a partir da expressão

$$dQ = C_v\, dT + l\, dv\,,$$

no qual C_v é o calor específico a volume constante. Ter-se-á, portanto

$$l = \frac{\partial Q}{\partial v} = \lim_{\Delta v = 0} \left(\frac{\Delta Q}{\Delta v}\right)$$

[1] Física Geral e Experimental — Termodinâmica.

Durante a vaporização, ΔQ é o calor latente de vaporização λ e Δv terá o valor $\Delta v = v_g - v_l$.

Portanto

$$\frac{\partial p}{\partial T} = \frac{dp}{dT} = \frac{\lambda}{T\,(v_g - v_l)}$$

Desprezando v_l em face de v_g e admitindo que λ é constante (o que só é verdadeiro para pequenos intervalos de temperatura), a equação pode integrar-se se se conhecer v_g em função de p. Como se conclui da equação de Van der Walls, não é cómodo tirar o valor de v_g em função de p e, por isso é habitual considerar o vapor como um gás perfeito; portanto,

$$v_g = \frac{RT}{p}$$

Nestas condições

$$\frac{dp}{p} = \frac{\lambda\, dT}{RT^2}$$

e

$$\log_{10} \frac{p}{p_o} = \frac{\lambda}{2{,}3\, R}\left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T}\right)$$

ou, ainda

$$\log_{10} p = -\frac{\lambda}{2{,}3\, RT} + \left(\frac{\lambda}{2{,}3\, RT_o} + \log_{10} p_o\right)$$

Esta expressão não é rigorosa devido às aproximações que se introduziram; por isso, na prática utiliza-se uma fórmula com o mesmo aspecto mas com constantes diferentes e que é a seguinte:

$$\log_{10} p = -\frac{52{,}23\, A}{T} + B\,,$$

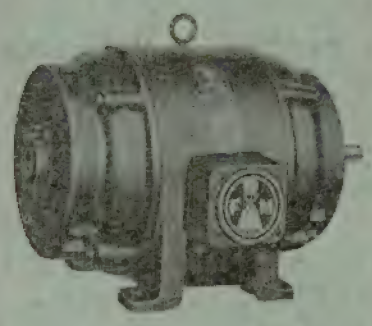
sendo p expresso em milímetros de mercúrio e A e B duas constantes.

No quadro II dão-se alguns valores de A e B, e os pontos de ebulição à pressão normal (pontos de ebulição normais).

FAIRBANKS MORSE & CO. INC.

NEW-YORK — E. U. A.

Motores eléctricos para corrente alterna ou contínua de 3/4 a 500 HP, normais ou especiais para várias indústrias



DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS:

F. NÓBREGA DE LIMA, L.DA

SEDE:
Avenida 24 de Julho, 1, 2.º
LISBOA
Tel. 22192-22193
3 2419

SALÃO DE EXPOSIÇÃO:
Largo de Santos, 5
LISBOA

DELEGAÇÃO:
Rua Sá da Bandeira, 562, 3.º
PORTO
Tel. 2 2553

Standard Electrica

ASSOCIADA

DA

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORP

- EQUIPAMENTOS PARA TODOS OS GÉNEROS DE COMUNICAÇÕES ELÉCTRICAS por rádio e por circuitos metálicos.
- EQUIPAMENTOS DE TODAS AS POTÊNCIAS PARA RADIODIFUSÃO E TELEVISAO.
- GRANDES E PEQUENAS CENTRAIS TELEFONICAS, manuais e automáticas.
- TODO O GÉNERO DE APARELHAGEM MANUAL E AUTOMÁTICA para instalações telefónicas e telegráficas.
- FORNOS ELÉCTRICOS desde pequenas potências, com aquecimento por correntes de radiofreqüência.
- SISTEMAS PATENTEADOS, DE ANTENAS de alta eficiência.
- CABOS DE TODOS OS TIPOS para comunicações em tôdas as freqüências e para transporte de energia.

Telefone 2 3111/2/3 Rua Augusta, 27 LISBOA

QUADRO II

Substância	Intervalo em graus C.	A	B	Ponto de ebulição normal
Amoníaco	— 127 a — 78	31,211	9,9974	— 33,4
Argon	— 207 a — 189	7,8145	7,5741	— 185,8
CO^2	— 135 a — 57	26,1793	9,9082	— 78,4
Cloro	— 154 a — 103	29,293	9,950	— 34,1
ClH	— 158 a — 110	19,588	8,4430	— 85,0
SH^2	— 110 a — 83	20,69	7,880	— 60,3
Mercúrio	— 80 a — 39	73,0	10,383	361
NO	— 200 a — 161	16,423	10,084	— 151,7
Azoto	— 215 a 210	6,8813	7,66558	— 195,8
SO^2	— 95 a — 75	35,827	10,5916	— 5,0
SO^3	24 a 48	43,45	10,022	44,8
Água (1)	—	39,8	8,367	100,0
Acetilena	— 140 a — 82	21,914	8,933	— 84
Benzeno	— 58 a — 30	42,904	9,556	80,1
Metana	— 194 a — 184	9,8962	7,6509	— 161,4

Os valores de p a que se dá o nome de *tensões de vapor* são dados em geral, em tabelas, em função da temperatura (2), ou em gráficos que têm o nome de gráficos de Cox (3).

Os pontos de ebulição são, também, dados em tabelas, que se encontram, por exemplo, nos livros citados; desses pontos de ebulição, convém fazer referência aos de dois tipos de substâncias, Dowtherm e Freon, respectivamente agentes de aquecimento e de refrigeração, cujos pontos de ebulição se indicam no quadro III.

O Dowtherm apresenta duas variantes: O Dowtherm A que é uma mistura de 26,5 % de difenilo e de 73,5 % de óxido de difenilo e o Dowtherm B que contém também naftaleno.

O Freon apresenta principalmente 3 variantes: O Freon 12 (F-12) que é a diclorodifluorometana, o Freon 21 (F-21) diclorofluorometana e o Freon 11 (F-11), tricloromonofluorometana.

QUADRO III

Substância	Ponto de ebulição	
	Pressão em atmosferas	Temperatura em graus C.
Dowtherm A	1	260
	7	385
Freon 12	1	— 29,8
Freon 21	1	8,9
Freon 11	1	23,6

(1) As constantes para a água foram obtidas a partir da equação de Dieterici

$$p = p_c \, e^{7{,}4\left(1 - \frac{T_c}{T}\right)},$$

sendo p_c e T_c a pressão e a temperatura critica.

(2) Ver, por exemplo, «Handbook of Chemistry,» de Norbert Lange, 5.ª edição, pág. 1418 a 1448.

(3) Ver, por exemplo, «Chemical Process Principles», de O. Hougen e K. Watson, 1.º volume, pág. 66.

Do que se disse anteriormente, conclui-se que a forma das isotérmicas é a que se indica na fig. 1; nesta figura, os lugares geométricos dos valores de v_g no início da condensação e de v_l no final da condensação são duas curvas que se encontram no ponto crítico C e que têm os nomes respectivamente de *curva de saturação* e *curva de condensação.* Um ponto B situado na região de vapor húmido corresponde a um vapor de título $x = \frac{AB}{AD}$

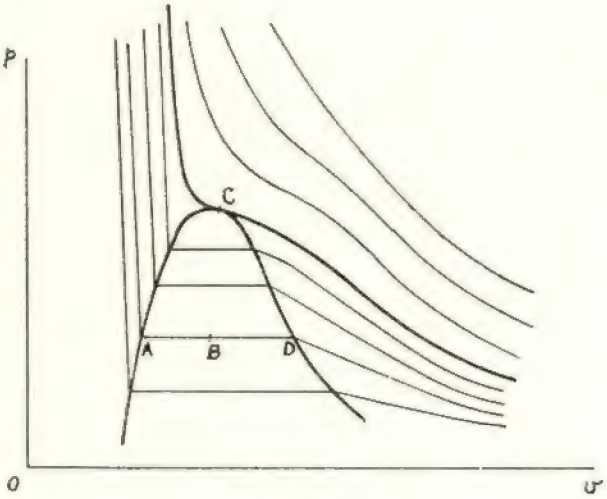


Fig. 1

d) *Equilíbrio líquido-vapor*

1) *Líquido com um só constituinte*

Consideremos um líquido a uma temperatura θ à qual corresponde uma tensão de vapor p. Se a pressão ambiente for superior a p, o líquido não entra em ebulição e só se vaporiza até o vapor resultante atingir a pressão p à qual corresponde o equilíbrio líquido-vapor.

No caso particular em que o líquido está em presença de um gás à pressão P, o volume V_g de vapor existente nesse gás será, admitindo que é válida a equação dos gases perfeitos,

$$V_g = V \frac{p}{P} ,$$

sendo V o volume total. Este volume corresponde à *saturação* do gás.

Acontece, porém, que a vaporisação de um líquido em presença de um gás não é instantânea e, por isso, o vapor só atinge a tensão p no fim de um certo tempo. Num dado instante, a tensão de vapor terá, portanto, um valor p_a inferior, que representa uma certa percentagem de p e que tem o nome de *saturação relativa* s_r, de valor

$$s_r = 100 \frac{p_a}{p}$$

Representando por n_a e n os números de moléculas de vapor por molécula de gás correspondentes a p_a e p, ter-se-á (sendo válida a lei de gases perfeitos)

$$n_a = \frac{p_a}{P - p_a}$$

e

$$n = \frac{p}{P - p}$$

Dividindo ordenadamente, vem

$$\frac{n_a}{n} = \frac{p_a}{p} \cdot \frac{P - p}{P - p_a}$$

O cociente $100 \frac{n_a}{n}$ tem o nome de *percentagem de saturação* e representa-se por s_p; será, portanto,

$$s_p = s_r \frac{P - p}{P - p_a}$$

No caso de se tratar de vapor de água a saturação designa-se por *humidade;* utilizando a expressão anterior, entre a *percentagem de humidade* H_p e a *humidade relativa* H_r existe a relação

$$H_p = H_r \frac{P - p}{P - p_a}$$

O processo vulgar da determinação da saturação relativa consiste no emprego de *psicrómetros,* constituídos por dois ter-

mómetros (chamados *sêco* e *húmido*) [1] que medem respectivamente, as temperaturas do gás e do líquido. Se o gás estiver saturado, não há vaporisação do líquido e os dois termómetros indicam a mesma temperatura; se o gás não estiver ainda saturado, o calor absorvido na vaporisação, determina um abaixamento da temperatura do termómetro húmido em relação ao seco. O abaixamento de temperatura à função do coeficiente de transmissão de calor entre o vapor e o líquido, o qual como se sabe, depende das condições de agitação; por isso, as tabelas de saturação relativa são baseadas numa velocidade relativa do gás em relação ao líquido com um valor mínimo de 3 metros por segundo, o que se consegue por agitação do termómetro húmido.

As tabelas usuais dão a humidade relativa do ar à pressão atmosférica [2] em função das diferenças de temperatura entre os dois termómetros.

A temperatura de ebulição correspondente a uma dada saturação relativa s_r determina-se em função de p_a; no entanto há gráficos que dão imediatamente essa temperatura em função da percentagem de saturação s_p [3].

2) *Misturas de líquidos não miscíveis*

Consideremos, agora, uma mistura de líquidos imiscíveis, cada um dos quais com uma determinada tensão de vapor. A tensão total é a soma das tensões dos dois líquidos, independentemente da composição da mistura líquida; se a temperatura aumentar até a tensão total atingir o valor da pressão ambiente, dá-se a vaporisação total da mistura. Nestas condições, pode concluir-se que a temperatura de ebulição de uma mistura de líquidos não miscíveis é inferior à temperatura de ebulição de cada um dos componentes.

(1) Em inglês dry-bulb e wet-bulb thermometers.

(2) Ver, por exemplo, «Handbook of Chemistry», de Norbert Lange, 5.ª edição, pág. 1.406 a 1.411 e «Chemical Process Principles», de Hougen e Watson, pág. 100 e 101.

(3) Ver, por exemplo, «Chemical Process Principles» de Hougen e Watson, págs. 100 e 101.

3) *Soluções*

Se em vez de uma mistura de líquidos não miscíveis, se tratar de uma solução, a tensão de vapor p_i de cada componente na solução é proporcional à sua tensão de vapor p_i quando isolado sendo a constante de proporcionalidade a fracção molecular desse componente (lei de Raoult). Se forem $n_1, n_2 \ldots, n_m$, o número de moléculas de cada componente será

$$p_i = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^{m} n_i} p_i$$

A lei de Raoult só é válida quando não há associações moleculares, as moléculas não são polares, as suas dimensões são aproximadamente iguais, e as forças intermoleculares são sensìvelmente as mesmas entre todas as moléculas.

O caso mais importante das soluções é o das misturas binárias e, em especial aquele em que a substância dissolvida é muito pouco volátil; neste caso, só há a considerar o abaixamento da tensão de vapor do dissolvente que se traduz na elevação da temperatura de ebulição. Neste caso, a expressão usual da lei de Raoult é, como se sabe, [1]

$$\Delta \theta = \frac{1000\ K\ p}{M\ p'},$$

sendo $\Delta \theta$ a elevação do ponto de ebulição, M a massa molecular da substância dissolvida, p e p′ respectivamente os pesos de substância dissolvida e de dissolvente e K uma constante que tem o nome de constante molecular de elevação do ponto de ebulição. Os valores de K são dados em tabelas [2].

A elevação do ponto de ebulição pode ser dada, também gràficamente, em função do dissolvente, pelos gráficos de Dühring [3].

(1) Química Inorgânica e Princípios de Química — Física — Soluções.

(2) Por exemplo, «Handbook of Chemistry», de Norberto Lang, 5.ª edição, pág. 1385.

(3) Por exemplo, «Chemical Process Principles», de Hougen e Watson. 1.º volume, pág. 83.

e) *Calor de vaporisação*

1) *Expressão geral*

Consideremos uma massa unitária de um líquido à temperatura θ_l a partir do qual se obtém um vapor sobreaquecido à temperatura θ_g. Se fôr θ_e a temperatura de ebulição, a quantidade total de calor Q absorvida será

$$Q = \int_{\theta_l}^{\theta_e} c_l \, d\theta + \lambda + \int_{\theta_e}^{\theta_g} c_g \, d\theta \, ,$$

sendo c_l e c_g os valores específicos do líquido e do vapor sobreaquecido e λ o calor latente de vaporização à temperatura θ_e.

Os valores de c_e, c_g e λ são funções da temperatura.

2) *Valores de c_l*

Na maioria dos casos não é possível determinar os valores de c_l em função de θ e, portanto, determinam-se por interpolação a partir dos valores das tabelas [1]. Às vezes, porém, é possível estabelecer uma relação linear, isto é

$$c_l = c_{l_0} + a\,\theta \; (^2)$$

No quadro IV, dão-se alguns valores de c_{l_0} e a (sendo c_l expresso em pequenas calorias/grama).

QUADRO IV

Substância	c_{l_0} em pc/gr	$a \times 10^4$	Intervalo em graus C.
$SO^4 H^2$	0,339	3,8	10 a 45
S^2C	0,235	2,46	— 100 a 150
Clorofórmio	0,221	3,20	— 30 a 60
Ácido acético	0,468	9,29	0 a 80
Acetona	0,501	7,64	— 30 a 60

Em geral utiliza-se o valor médio entre θ_l e θ_e.

3) *Valores de c_g*

O calor específico dos gases e vapores é diferente, como se sabe [3], consoante as transformações. Como em geral a vaporização se efectua a pressão constante, o calor específico será

$$c_g = c_p$$

Os valores de c_p, à pressão atmosférica, são dados, como se sabe [1], por uma expressão quadrática

$$c_p = a + bT + cT^2$$

sendo T a temperatura absoluta [2].

Alguns valores de a, b e c são dados no Quadro V, sendo c_p em pequenas calorias por molécula grama.

QUADRO V

Gás	a	$b \times 10^3$	$c \times 10^6$
Ar	6,27	2,08	— 0,459
Amoníaco	5,92	8,963	— 1,764
CO^2	6,85	8,533	— 2,475
S^2C	9,76	6,102	— 1,894
Hidrogénio	6,88	0,066	0,279
NO	6,17	2,60	— 0,66
Azoto	6,30	1,8.9	— 0,345
Oxigénio	6,13	2,99	— 0,806
SO^2	8,12	6,825	— 2,103
Água	6,89	3,283	— 0,343

Nota — Estes valores são válidos entre 0 e 1800° C.

Em geral, utilizam-se os valores médios entre θ_e e θ_g.

Para pressões elevadas, os valores de c_p diminuem com a temperatura e são dados,

(1) Por exemplo, «Handbook of Chemistry», págs 1531 a 1535.

(2) Para a água costuma utilizar-se a fórmula de Regnault: $c_l = 1 + 0{,}00004\,\theta + 0{,}0000009\,\theta^2$.

(3) Física Geral e Experimental — Termodinâmica

(1) Química Geral e Aplicada — Temperatura de Combustão.

(2) Por vezes, os valores de c_p são dados por expressões empíricas diferentes. Por exemplo,

$$c_p = a' + \frac{b'}{T} + \frac{c'}{T^2}$$

$$c_p = a'' + \frac{b''}{\sqrt{T}} + \frac{c''}{T}$$

em geral, gràficamente [1]; no entanto, não consideramos este caso por não interessar ao assunto em estudo.

3) *Valores de* λ

O valor de λ pode ser dado pela fórmula de Clapeyron, desde que se conheça o valor de $\frac{dp}{dT}$. Em geral, o valor de λ, a uma dada temperatura, calcula-se por fórmulas empíricas, se for conhecido um valor a outra temperatura; a fórmula proposta por Watson é a seguinte:

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \left(\frac{1 - T_{r_1}}{1 - T_{r_2}}\right)^{0,38}$$

sendo λ_1 e λ_2 os valores de λ às temperaturas T_1 e T_2 e T_{r_1} e T_{r_2} as temperaturas reduzidas, que como se viu tem os valores

$$T_{r_1} = \frac{T_1}{T_c}$$

$$T_{r_2} = \frac{T_2}{T_c}$$

e em que T_c é a temperatura crítica.

Para a água, a expressão geralmente utilizada é a seguinte:

$$\lambda = 606,5 - 0,695\ \theta\ ,$$

sendo λ expresso em pequenas calorias por grama ou grandes calorias por quilograma.

O valor de λ à pressão atmosférica (a que corresponde a temperatura de ebulição normal T_e, pode ser determinado por fórmulas empíricas das quais as mais importantes são as de Trouton e de Kistyakowsky válidas para compostos não polares e que são, respectivamente, as seguintes:

$$\frac{\lambda_m}{T_c} = 21$$

$$\frac{\lambda_m}{T_c} = 8,75 + 4,571 \log_{10} T_s\ ,$$

sendo λ_m o valor de vaporização expresso em pequenas calorias por molécula grama.

O valor de λ pode ser decomposto em dois termos, referentes à variação de energia interna ΔU, durante a vaporização e ao trabalho exterior $p\,(v_g - v_l)$ devido ao aumento de volume $(v_g - v_l)$ à pressão p; será, pois,

$$\lambda = \Delta U + p\,(v_g - v_l)$$

4) *Casos particulares*

I) *Vapor saturado*

$$Q = \int_{\theta_l}^{\theta_e} c_l\, d\theta + \lambda$$

II) *Vapor húmido*

$$Q = \int_{\theta_l}^{\theta_e} c_l\, d\theta + \lambda x$$

III) *Vaporização a temperatura inferior à de ebulição*

Neste caso, faz-se o cálculo considerando que a vaporização se efectua à temperatura de ebulição correspondente à tensão do vapor.

Consideremos um líquido à temperatura $\theta_l < \theta_e$, em presença de um gás; a tensão do seu vapor terá, como vimos, um valor p_a inferior ou igual a p, conforme a saturação relativa s_r for inferior ou igual a 100. A esta pressão p_a corresponde uma temperatura de ebulição θ'_e que será igual ou inferior a θ_e, conforme p_a for igual ao menor do que p; o primeiro caso corresponde à um vapor saturado à temperatura θ'_e e o segundo a um vapor sobreaquecido visto que a sua temperatura é θ_e e a temperatura de ebulição é $\theta'_e < \theta_e$.

Aplicando a expressão geral que dá o calor total Q, e representando por λ' o calor de vaporização à temperatura θ'_e, ter-se-á, no primeiro caso,

$$Q = \int_{\theta_l}^{\theta'_e} c_l\, d\theta + \lambda' = \lambda', \quad \text{visto que} \quad \theta_l = \theta'_e\ ;$$

[1] Ver, por exemplo, «Termodinâmica Aplicada», de M. Lucini, págs. 167 e 168.

no segundo, será

$$Q = \int_{\theta_l}^{\theta'_e} c_l \, d\theta + \lambda' + \int_{\theta'_e}^{\theta_l} c_g \, d\theta \text{, visto que } \theta_g = \theta_l .$$

Deve notar-se que, como $\theta'_e < \theta_l$, o primeiro termo é negativo.

O valor de λ' calcula-se a partir de θ'_e ou determina-se gràficamente em função da percentagem de humidade s_p [1].

Como se disse, a coexistência do líquido com o vapor saturado corresponde ao estado de equilíbrio e, portanto, se o vapor não estiver saturado, a vaporização prossegue até se atingir a saturação, sendo necessário fornecer uma determinada quantidade de calor ao líquido. Suponhamos que o sistema líquido-gás-vapor está tèrmicamente isolado do meio exterior; nestas condições o calor será fornecido pela fase gasosa, cuja temperatura diminui, por consequência. Mostra a experiência que, se forem θ_s e θ_h, as temperaturas do termómetro seco e húmido no instante inicial, a temperatura θ_h se mantém durante a vaporização e θ_s diminui até se atingir a saturação, tomando, neste instante o valor $\theta_s = \theta_h$.

A vaporização efectuada nestas condições tem o nome de *vaporização adiabática*

f) *Diagramas usuais*

1) *Generalidades*

As diferentes propriedades dos sistemas líquido-vapor são apresentadas, na prática, por diversos diagramas, dos quais os mais usados além do diagrama p — v, são os seguintes:

Temperatura — entalpia
Temperatura — entropia
Entalpia — entropia

A consideração destes diagramas exige em primeiro lugar o estudo da entalpia e da entropia.

(1) Ver por exemplo, «Chemical Process Principles», de Hougen e Watson, pag. 100.

2) *Estudo da entalpia*

Como se sabe [1], a entalpia H [2], define-se pela relação

$$H = U + pv ,$$

sendo U a energia interna. As suas dimensões são pequenas calorias por grama ou grandes calorias por quilograma.

Diferenciando, vem

$$dH = dU + pdv + vdp .$$

Nas transformações a pressão constante, será $dp = 0$, e portanto

$$dH = dU + pdv$$

Mas, como se sabe do primeiro princípio da Termodinâmica, tem-se

$$dQ = dU + pdv ,$$

e, portanto

$$dH = dQ$$

isto é, a variação de entalpia é igual à variação da quantidade de calor.

Integrando, ter-se-á

$$H - H_o = Q - Q_o$$

É costume referir os valores de H_o e U_o à temperatura de 0°C, e, *por convenção*, admitir que $H_o = 0$ e $Q_o = U_o$, sendo U_o a energia interna a essa temperatura; será portanto

$$H = Q - U_o$$

Mas

$$U_o = H_o - pv_o ,$$

sendo v_o o volume específico a 0.°C; como $H_o = 0$, será

$$U_o = - pv_o$$

e, portanto,

$$H = Q + pv_o$$

Se Q for o calor de vaporização, o termo

(1) Física Geral e Experimental — Termodinâmica.

(2) Em Física, é costume representar a entalpia por W, mas nós representá-la-emos por H, para utilizarmos a simbologia americana.

pv_0 é, em geral, desprezível em relação a Q e, portanto

$$H \sim Q$$

Por outro lado, como pv_0 é muito pequeno, será também, a partir da convenção adoptada,

$$U_0 \sim 0$$

Os valores da entalpia a uma dada temperatura θ, calculam-se pela expressão do calor de vaporização, partindo da temperatura inicial $\theta_1 = 0°C$, e adicionando-lhe o termo pv_0 (que como se disse se pode desprezar).

Alguns valores de entalpias são dados em gráficos ([1]) ou em tabelas ([2]).

3) *Estudo da entropia*

I) *Expressão geral*

Como se sabe, ([3]) a entropia define-se pela relação

$$dS = \frac{dQ}{T},$$

ou

$$\Delta S = S - S_0 = \int_{T_0}^{T} \frac{dQ}{T}$$

As dimensões da entropia são pequenas calorias por grama e por grau centígrado, ou grandes calorias por quilograma e por grau centígrado.

Como se sabe, também, o valor de S_0 não é conhecido; *por convenção*, admite-se que $S_0 = 0$ para $\theta = 0°C$, e para p igual à pressão de vapor a essa temperatura.

Aplicando a equação geral da vaporização, a variação da entropia ΔS, será

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_e} \frac{c_l\, dT}{T} + \frac{\lambda}{T_e} + \int_{T_e}^{T_g} \frac{c_g\, dT}{T}$$

O valor da entropia S, à temperatura T_g, será, a partir da convenção anterior

$$S = \int_{273}^{T_e} \frac{c_l\, dT}{T} + \frac{\lambda}{T_e} + \int_{T_e}^{T_g} \frac{c_g\, dT}{T}$$

Se os valores de c_l e c_g foram constantes (ou melhor, se se tomarem os valores médios), será

$$S = 2{,}3\ c_l \log_{10} \frac{T_e}{273} + \frac{\lambda}{T_e} + 2{,}3\ c_g \log_{10} \frac{T_g}{T_e}$$

II) *Casos particulares*

Vapor saturado:

$$S = \int_{273}^{T_e} \frac{c_l\, dT}{T} + \frac{\lambda}{T_e} = 2{,}3\ c_l \log_{10} \frac{T_e}{273} + \frac{\lambda}{T_l}$$

Vapor húmido:

$$S = \int_{273}^{T_e} \frac{c_l\, dT}{T} + \frac{\lambda x}{T_e} = 2{,}3\ c_l \log_{10} \frac{T_e}{273} + \frac{\lambda}{T_l}$$

Líquido:

$$S = \int_{273}^{T_l} \frac{c_l\, dT}{T} = 2{,}3\ c_l \log \frac{T_l}{273},$$

sendo T_l a temperatura final do líquido.

4) *Diagrama temperatura - entalpia*

Este diagrama tem o aspecto indicado na figura 2 sendo as temperaturas marcadas em abcissas e as entalpias em ordenadas.

Neste diagrama, as isobáricas estão representadas por linhas cheias (paralelas ao eixo das entalpias na região líquido-vapor, visto que, nesta região, as isobàricas são também isotérmicas), as linhas de igual entropia (isentrópicas) são as que se represen-

([1]) Por exemplo, «Chemical Process Principles», de Hougen e Watson, 1.° e 2.° volumes.

([2]) Por exemplo, «Termodinâmica Aplicada», de M. Lucini, pág. 222, (para o vapor de água).

([3]) Física Geral e Experimental — Termodinâmica.

tam por linhas a traço-ponto e as linhas de título constante são as linhas tracejadas.

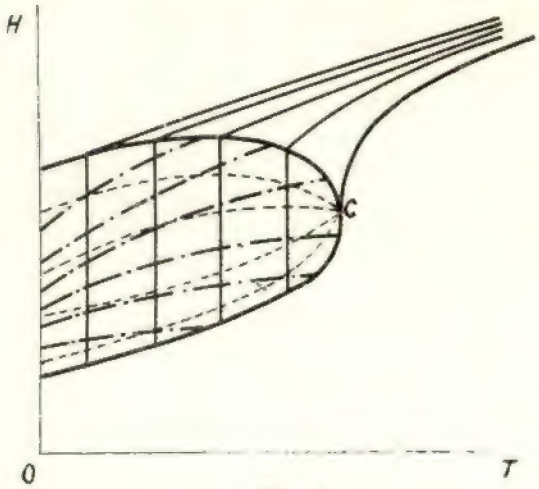


Fig. 2

5) *Diagrama temperatura entropia*

Este diagrama, também chamado de Izart, tem o aspecto indicado na figura 3.

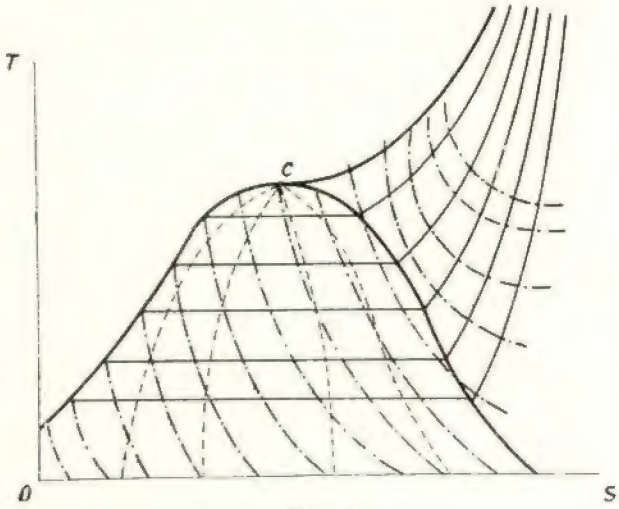


Fig. 3

Neste diagrama, as isobáricas estão representadas por linhas cheias (paralelas ao eixo das entropias na região líquido-vapor), as linhas de igual entalpia são as que se representam por linhas a traço-ponto, e as de título constante são as tracejadas.

6) *Diagrama entalpia-entropia*

Este diagrama, também chamado de Mollier, é o que se indica na figura 4.

As isobáricas estão representadas por linhas cheias, as isotérmicas por linhas a

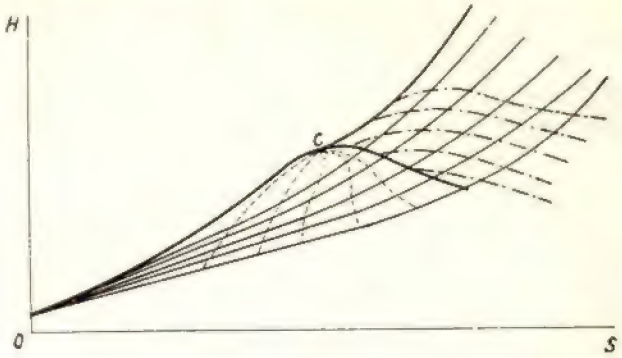


Fig. 4

traço-ponto, e as linhas de título constante, por linhas tracejadas.

g) *Transformações*

Os diagramas de equilibrio permitem conhecer as diferentes propriedades de um fluido e as suas variações, quando se efectua qualquer transformação. As transformações mais usuais são as seguintes: Reversíveis (isotérmicas e adiabáticas) e irreversíveis (expansão sem trabalho exterior e laminagem).

1) *Transformações isotérmicas*

Acima da temperatura crítica, as transformações isotérmicas estudam-se como no caso dos gases. Na região vapor-líquido, as isotérmicas são simultâneamente isobáricas; se forem x_1 e x_2 o título inicial e final do vapor, v_1 e v_2 os volumes correspondentes, τ o trabalho e Q a quantidade de calor, será

$$v_2 - v_1 = (v_g - v_l)(x_2 - x_1)$$

$$\tau = p\,(v_2 - v_1) = p\,(v_g - v_l)(x_2 - x_1)$$

$$Q = \lambda\,(x_2 - x_1)$$

2) *Transformações adiabáticas*

Neste caso, o trabalho é igual à variação de entalpia, isto é

$$\tau = i_1 - i_2 \sim Q_1 - Q_2$$

3) *Expansão sem trabalho exterior*

Corresponde ao caso conhecido da experiência de Joule [1] (expansão num recipiente em que fez o vazio). Neste caso, é como se sabe, $Q = \text{constante}$, $\tau = 0$ e

$$U = \text{constante}$$

4) *Laminagem*

Corresponde ao caso em que a transformação se efectua sem trocas de calor com a exterior, passando a pressão do valor p_1 a p_2 e realizando o trabalho de vencer a pressão p_2 que tem o nome de contrapressão. Esta transformação é irreversível e o trabalho tem o valor

$$\tau = p_2 v_2 - p_1 v_1$$

Como não há trocas de calor com o exterior é $dQ = O$ ou

$$dU + d\tau = O$$

Integrando, vem

$$U_2 - U_1 + \tau = O,$$

$$U_1 + p_1 v_1 = U_2 + p_2 v_2,$$

ou, ainda, $H = \text{constante}$.

(Continua)

[1] Física Geral e Experimental — Termodinâmica.

BIBLIOTECA

PUBLICAÇÕES

Todas as publicações aqui indicadas, são pertença da Biblioteca da A. E. I. S. T. e podem ser consultadas a partir desta data.

Os números indicados à esquerda, dão a localização das obras na nossa Biblioteca, e há conveniência em os saber quando da requisição de livros.

C. D. 338 (469)

Estatística Industrial — 1947

Instituto Nacional de Estatística
Pág. 396

C. D. 539.319:625.84.629.13

New formulas for stresses in concrete pavements of airfields

H. WESTERGAARD
Harvard University
1949 — Págs. 425/444

C. D. 541.135.6:628.1

The palarographic determination of dissolved oxygen in water and sewage

MOORE, MORRIS e OKUN
Harvard University
1949 — Págs. 1041/1051

C. D. 614.777

Pollution load capacity of streams

H. THOMAS JR.
Harvard University
1949 — Págs. 1/5

C. D. 620.19:621.188

Causes of flue gas deposits and corrosion in modern boiler plants

W. HARLOW
Institution of Mechanical Engineers
1949 — Pág. 12

C. D. 621.38

Electron lenses of hyperbolic field structure

R. RÜDENBERG
Harvard University
1949 — Págs. 311/408

C. D. 621.436.2

Some current types of marine Diesel engine

C. POUNDER
Institution of Mechanical Engineers
1949 — Pág. 16

C. D. 621.882 (083.74)

Normas de tornillos, tuercas y accesorios

M. BALZOLA
Editorial Balzola
1949 — Pág. 22

C. D. 666.97:621.1

Tubos de concreto

Associação Brasileira de Cimento Portland
1949 — Págs. 549/616

REVISTAS

		C. D.
Aeroplane (The), n.os 1969 e 1970	Inglaterra	629.13
Agronomia Lusitana, n.º 9, 1945 e n.os 1 e 2, 1946	Portugal	631
Aircraft Engineering, nº 241	Inglaterra	629.13
Agros, n.º 5-6, 1948	Portugal	631
Anais da Faculdade de Farmácia do Porto, vol. 8, 1948	Portugal	615
Boletim Cultural da Guiné Portuguesa, n.º 12, 1948	Portugal	7:8:9
Boletim da Junta Nacional da Cortiça, n.º 122	Portugal	976

		C. D.
Boletim Mensal de Estatística n.os 4, 5 e 6, 1948	Angola	31
Boletim da Sociedade de Geografia de Lisboa, n.os 9 e 10, 1948	Portugal	6.9
Brotéria, Fasc. 3, 1949	Portugal	1:2:3.7:8
Bulletin du Congrès des Chemins de Fer, n.º 3, 1949	Bélgica	385
Bulletin Oerlikon, n.º 274	Suíça	621 3
Cemento y Hormigón, n.º 179	Espanha	666.9:624
Engineering, n.os 4336 e 4337	Inglaterra	62
Excavating Engineer n.º 2, 1949	E. U. A.	624.132.3
Gazeta dos Caminhos de Ferro, n.º 1470	Portugal	385
Gil Vicente, n.os 1-2, 1949	Portugal	1:2:3.7:8
Indústria Portuguesa, n.º 251	Portugal	62/69
Indústria e Técnica, n.º 24	Portugal	62/69
Ingenieria (La), n.º 887	Argentina	62
Instituto (O). vol. 111 (1948)	Portugal	1:2:3:7:8
Ossature Metalique, n.º 3, 1949	Bélgica	624.014
Revista de Artilharia, n.º 280	Portugal	623
Revista das Obras Públicas, n.º 2807	Espanha	624/628
Revista da Ordem dos Engenheiros, n.º 61	Portugal	62
Técnica Metalurgica, n.º 36	Espanha	62/69

FICHEIRO

Sob esta rubrica, figuram só as fichas dos artigos que nos mereceram maior atenção e estão contidos nas revistas recebidas nesta Biblioteca.

Economia Política

C. D. 338:661.76 (469)

Notas sobre a economia portuguesa do carvão (cont. do n.º 249) — *Adérito Nunes.*

Indústria Portuguesa, 1-949, vol. 22, n.º 251, pág. 39.

Estatística Matemática

C. D. 519.271 01

The statistical analysis of experimental data — *B. Saravanos.*

Aircraft Engineering, 3-949, vol. 21, n.º 241, pág. 64.

Aerodinâmica

C. D. 533

Sound Waves and Shock Waves — *Roger Tenant.*

The Aeroplane, 11-3-949, vol. 76, n.º 1970, págs. 271/273.

Elasticidade

C. D. 539.37:624 014

La conception des ossatures metalliques baseés sur la deformation plastique — *J. Dutheil.*

Ossature Metallique, 3-949, vol. 14, n.º 3, págs. 143/162.

Ensaios de materiais

C. D. 620.151

Una maquina universal para ensayar estructuras hasta 150 toneladas

La Ingenieria, 9-10-948, vol. 52, n.º 887, pág. 491.

C. D. 620.1:538

The frictional behaviour of engineering materials — *R. Parker.*

Engineering, 4-3-949, vol. 167, n.º 4336, pág. 193.

Protecção de Máquinas

C. D. 621-762

Controle das vibrações — isolamento de máquinas — *Alfredo Andrade.*

Boletim da Junta Nacional de Cortiça, 12-948, vol. 11, pág. 61 66.

Aproveitamentos hidroeléctricos

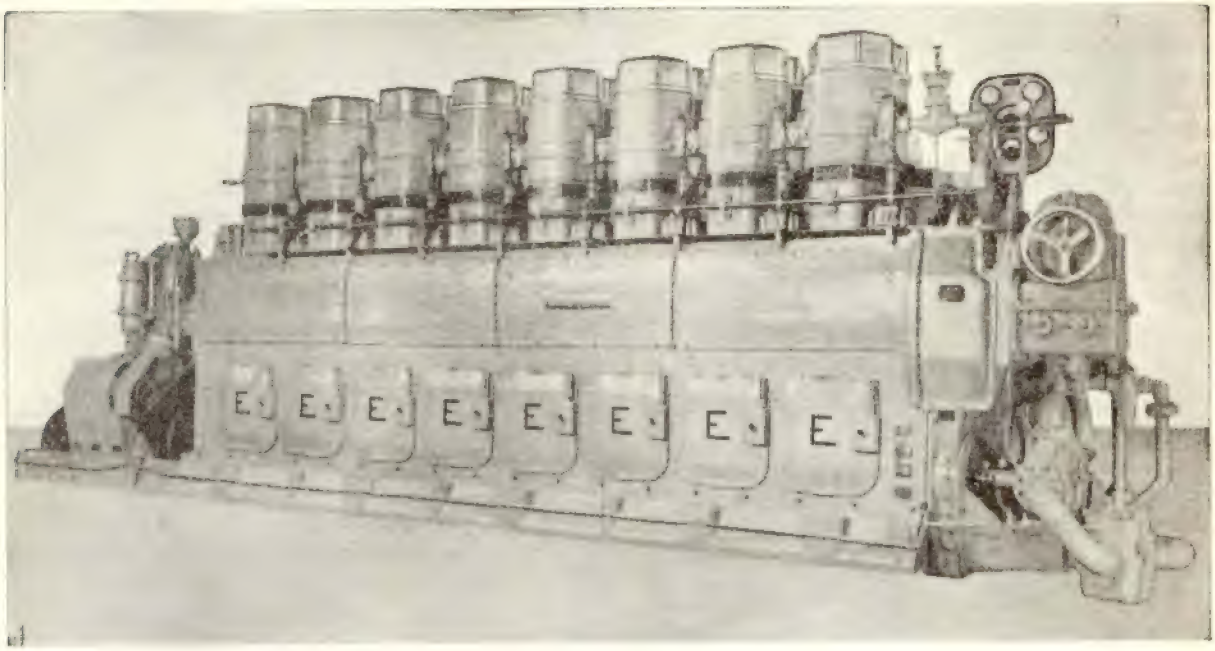
C. D. 621.311.21 (46)

Los nuevos aprovechamientos hidroelectricos de Almoguera y Zorita de los Canes, sobre el rio Tajo — *Gómez-Tortosa y Hernandez Rublo.*

Revista das Obras Públicas, 3-949, vol. 97, n.º 2807, págs. 115/124.

ENTERPRISE

ENGINE & FOUNDRY COMPANY — U. S. A.



MOTORES DIESEL MARÍTIMOS — MOTORES DIESEL ESTACIONÁRIOS

GRUPOS DIESEL-GERADOR

45 a 2100 HP — **200 a 850 RPM** — **3 a 8 cilindros**

- Bloco de cilindros fundido numa só peça.
- Base fundida numa só peça.
- Camisas em contacto directo com a água.
- Cabeças de cilindro individuais.
- Cambota em aço forjado.
- Tirantes em aço forjado, Tipo marítimo.
- Bombas de injecção individuais.
- Válvulas em aço « SILICHROME »
- Lubrificação forçada.
- Balanceiros com sistema hidráulico para eleminação de folga.
- Válvula de arranque em todos os cilindros.
- Com ou sem sobre-alimentação.

CONSTRUÇÃO ROBUSTA — SERVIÇO CONTÍNUO — ECONOMIA

REPRESENTANTES:

• TERMO-MECANICA •

LIMITADA

RUA ANDRADE CORVO, 3-C — **LISBOA**

C. D. 621 311.21 (46)

L'Usine hydroélectrique de Flix de la S. A. Saltos del Ebro, Barcelone.

Bulletin Oerlikon, 7-948, n.º 274, pág. 1875.

Tracção eléctrica

C. D. 621.335

Locomotives electriques pour trains rapides (120 km et plus) — *Meyer e Sthioul.*

Bulletin du Congrès des Chemins de Fer, 3-949, vol. 25, n.º 3, pág. 225.

Turbinas

C. D. 621.438

Economie de combustible et augmentation de la puissance des centrales thermiques au moyen de la turbine à gaz — *de Reynier e Kowalzewski.*

Bulletin Oerlikon, 8-948, n.º 274, págs. 1880/1884.

Minas

C. D. 622 261

Un nouveau type de soutenement de mines.

Ossature Metallique, 3-949, vol. 14, n.º 3, pág. 134.

Movimento de Terras

C. D. 624.132.3

Higher quarry profits with delayed action blasting — *L. F. Miller.*

Excavating Engineer, 2-949, vol. 43, n.º 2, págs. 14/19.

Tratamento dos solos

C D. 624 138

Injecções de argila — *Baptista Júnior.*

Revista da Ordem dos Engenheiros, 1-949, vol. 7, n.º 61, pág. 1/18.

Pontes

C. D. 624.2 (485)

Pont-portique à Sundsvall (Suède).

Ossature Metallique, 3-949, vol. 14, n.º 3, pág. 141.

C. D. 624.4 (42)

Ponts metalliques récents en Grande-Bretagne.

Ossature Metallique, 3-949, vol. 19, n.º 3, pág. 127.

Caminhos de Ferro

C. D. 625.282 (42)

As locomotivas nas bancadas de experiências dos caminhos de ferro britânicos — *E. Larsen.*

Gazeta dos Caminhos de Ferro, 16-3-949, vol. 61, n.º 1470, pág. 215.

Estradas

C. D. (625.7/8 + 388) (489)

A evolução das estradas nos países escandinavos — *Axel Riis.*

Revista da Ordem dos Engenheiros, 1-949, vol. 7, pág. 19/42.

C. D. 625.7 (82)

El problema de los accesos viales a las grandes urbes, con especial referencia al plan de la ciudad de Buenos Aires - *Lauro Olimpio Laura.*

La Ingenieria, 9-10-948, vol. 52, n.º 887, págs. 439/464.

Barragens

C. D. 627.82 (46)

El salto de Flix — *J Bosch.*

Técnica Metalúrgica, 11-12-948, vol. 4, n.º 36, págs. 445/460

Abastecimento de água

C. D. 628.14 (73)

An even flow to Phœnix — *Lon Fanald.*

Excavating Engineer, 2-949, vol. 43, n.º 2, pág. 20.

Aeronáutica

C. D. 629 13

The annual meeting of the Institute of the Aeronautical Sciences — *A. Klemin.*

Aircraft Engineering, 3-949, vol. 21 n.º 241, pág. 71.

Publicam secções de bibliografia técnica as seguintes revistas recebidas na nossa Biblioteca:

CIENCIA Y TECNICA
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS
DYNA
CEMENTO Y HORMIGON
REVISTA DA ORDEM DOS ENGENHEIROS
ALFA

Fábrica Nacional de Condutores Eléctricos, L.da

VENDA NOVA — AMADORA

CONDUTORES ELÉCTRICOS

CEL

Fabricados pela indústria nacional segundo as Normas de segurança das instalações de Baixa Tensão

CONCESSIONÁRIOS GERAIS:

SODIL — Sociedade Distribuidora, L.da

R. NOVA DA TRINDADE, 15-C

LISBOA

Atlas Diesel
ESTOCOLMO
FERRAMENTAS PNEUMÁTICAS
E COMPRESSORES
E AS AFAMADAS
BROCAS COM
PONTA DE
METAL DURO
"COROMANT"
RENDIMENTO
E DURAÇÃO
NUNCA ATINGIDOS.
AS MELHORES REFERÊNCIAS.
CONSULTEM
E PEÇAM DEMONSTRAÇÕES AOS
REPRESENTANTES EXCLUSIVOS:
JAYME DA COSTA, L.DA
LISBOA:
R. DOS CORREEIROS, 8-26
PORTO:
P. DA BATALHA, 12-12A

AÇOS ATLAS STEELS ATLAS

PARA TODAS AS APLICAÇÕES

AÇOS ESPECIAIS PARA FERRAMENTAS E CONSTRUÇÃO, AO CARBONO E DE LIGA
AÇOS INOXIDÁVEIS
AÇOS PARA LIMAS E CUTELARIAS AÇOS RÁPIDOS E INDEFORMÁVEIS, ETC.

MÁQUINAS INDUSTRIAIS E AGRÍCOLAS, MOTORES A ÓLEOS FERRAMENTAS, ETC.

ENTREGAS IMEDIATAS

MÁQUINAS DE PRECISÃO, LIMITADA

Telef. 61581 45-49, RUA DA BOA VISTA, 49, 1.º LISBOA

A boa economia reside na aplicação criteriosa do dinheiro.
Inteire-se da qualidade dos produtos que pretende adquirir.
Se desejar

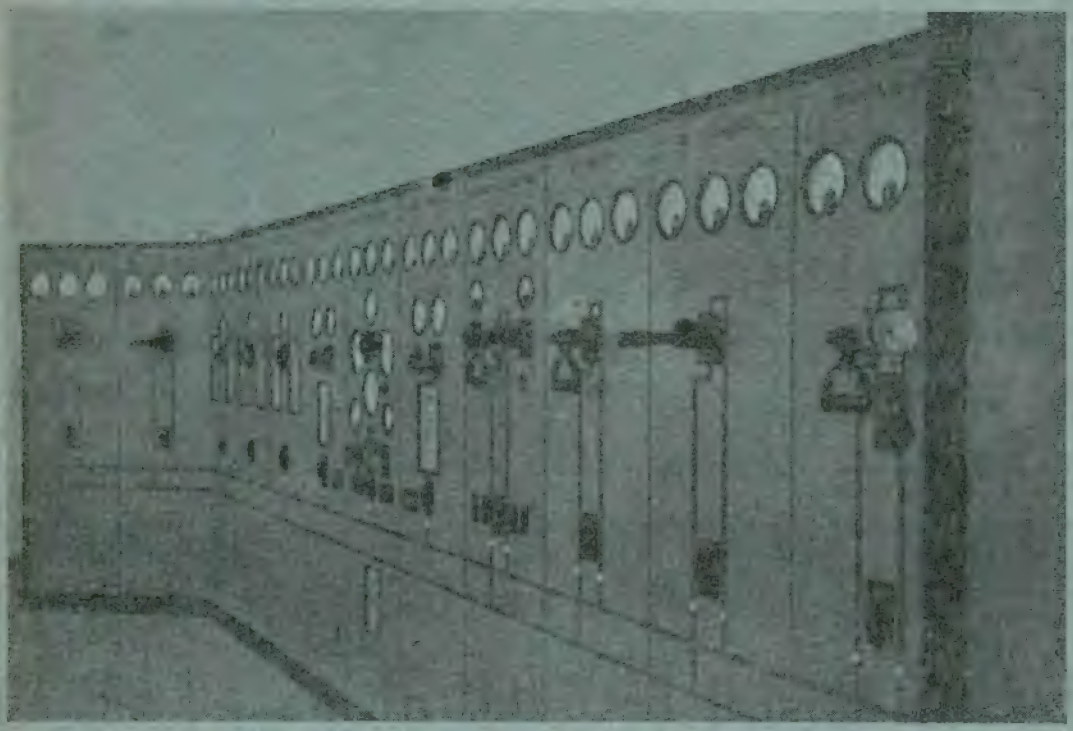
Postes – Manilhas
ou
Mosaicos

PORTO
Praça da Batalha, 90-2.º
Telef. 2 7117

LISBOA
Rua D. Estefânia, 42
Telef. 4 7812

ORGANIZAÇÃO DE ENGENHARIA PARA TRABALHOS DE ELECTRICIDADE

26 ANOS AO SERVIÇO DA INDÚSTRIA PORTUGUESA



Quadro Geral para uma fábrica de fiação projectado e construído nas nossas oficinas (14 painéis em chapa metálica)

• ELECTRIFICAÇÃO DE FÁBRICAS • CENTRAIS E REDES •
• OFICINAS ELECTRO-MECÂNICAS • REPARAÇÕES •
• SERVIÇO DE ASSISTÊNCIA À INDÚSTRIA •
• MÁQUINAS ELÉCTRICAS • MÁQUINAS PARA EMPRÉSTIMO •

D. MOURA

REPARADORA ELECTRO-MECANICA

OFICINAS:
Rua JOSÉ DOMINGOS BARREIROS, S. J.
(Poço do Bispo) TELEFONE 39-399

SEDE:
Rua da TRINDADE, 8 a 26
TELEFONES: 2 1406/2 0976

Telegramas:
REPARADORA-LISBOA

Para impermeabilizar terraços, paredes, fundações, etc.

CONTRA A HUMIDADE

FABRICA EM SACAVÉM

TELEFONE 20879 TELEG. EPALDA—LISBOA

FERNANDO VASCO COSTA

TABELAS PARA O CÁLCULO DO BETÃO ARMADO

2.ª EDIÇÃO

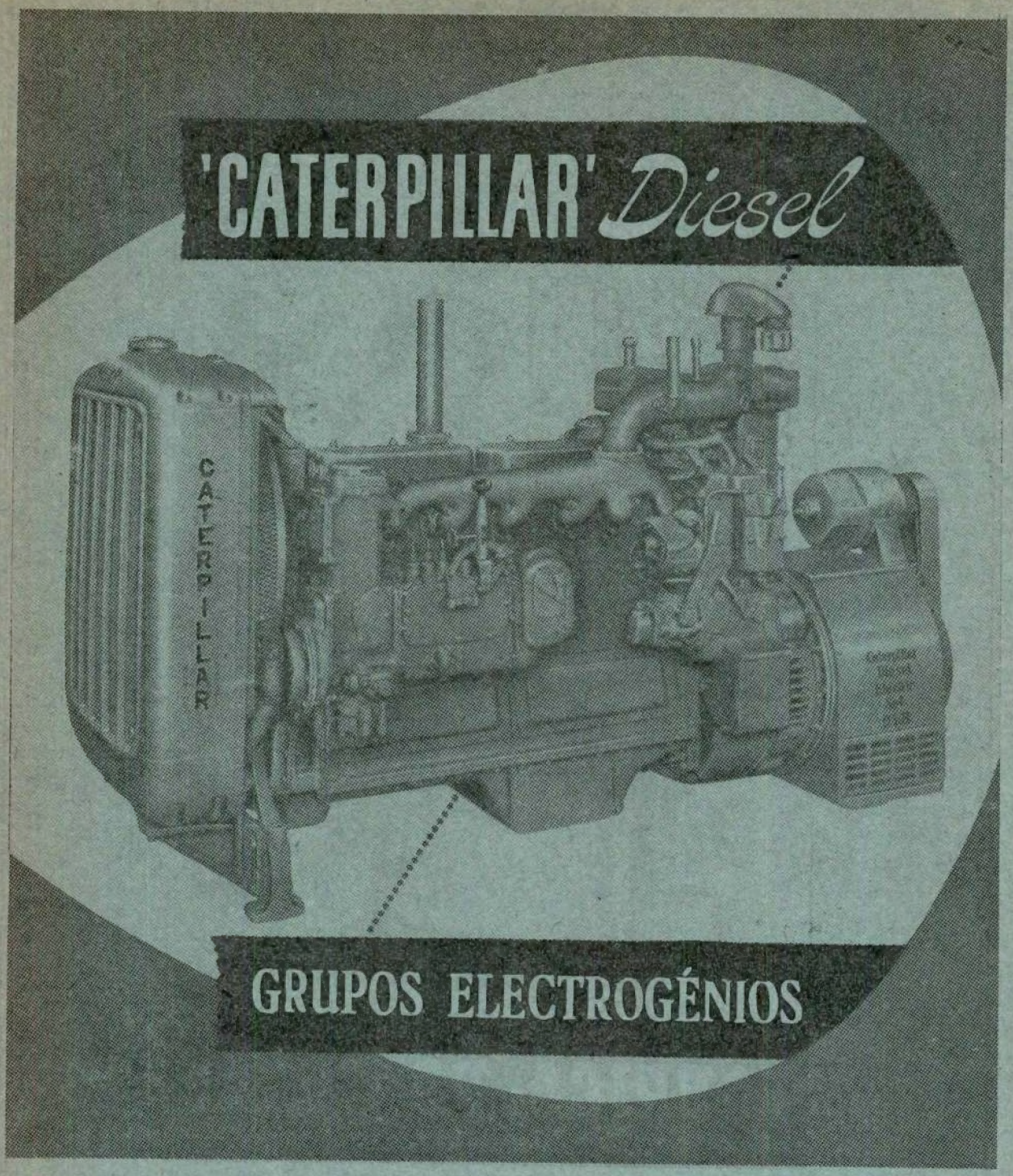
Ampliada pelo autor e revista por CARLOS KRUS ABECASIS

Melhorias introduzidas nesta edição:

— Adaptação do texto e das tabelas às novas prescrições regulamentares.
— Verificação de todos os valores dos coeficientes das tabelas por processos independentes dos usados ao estabelecê-los.
— Um novo capítulo destinado à avaliação e à verificação rápida de secções de betão e de armaduras.
— Alargamento dos limites de muitas tabelas.
— Inclusão de 23 novas tabelas, mais 44 páginas e vários quadros e figuras.

A venda nas Livrarias e na TÉCNICA

PREÇO: **100$00** Desconto de 10 % aos assinantes da TÉCNICA



SIMPLICIDADE • SEGURANÇA
DURAÇÃO • ECONOMIA

DE 16 A 275 KW
PARA ENTREGA IMEDIATA
NA FÁBRICA

Monteiro Gomes, Limitada

Rua Cascais, 47 — LISBOA

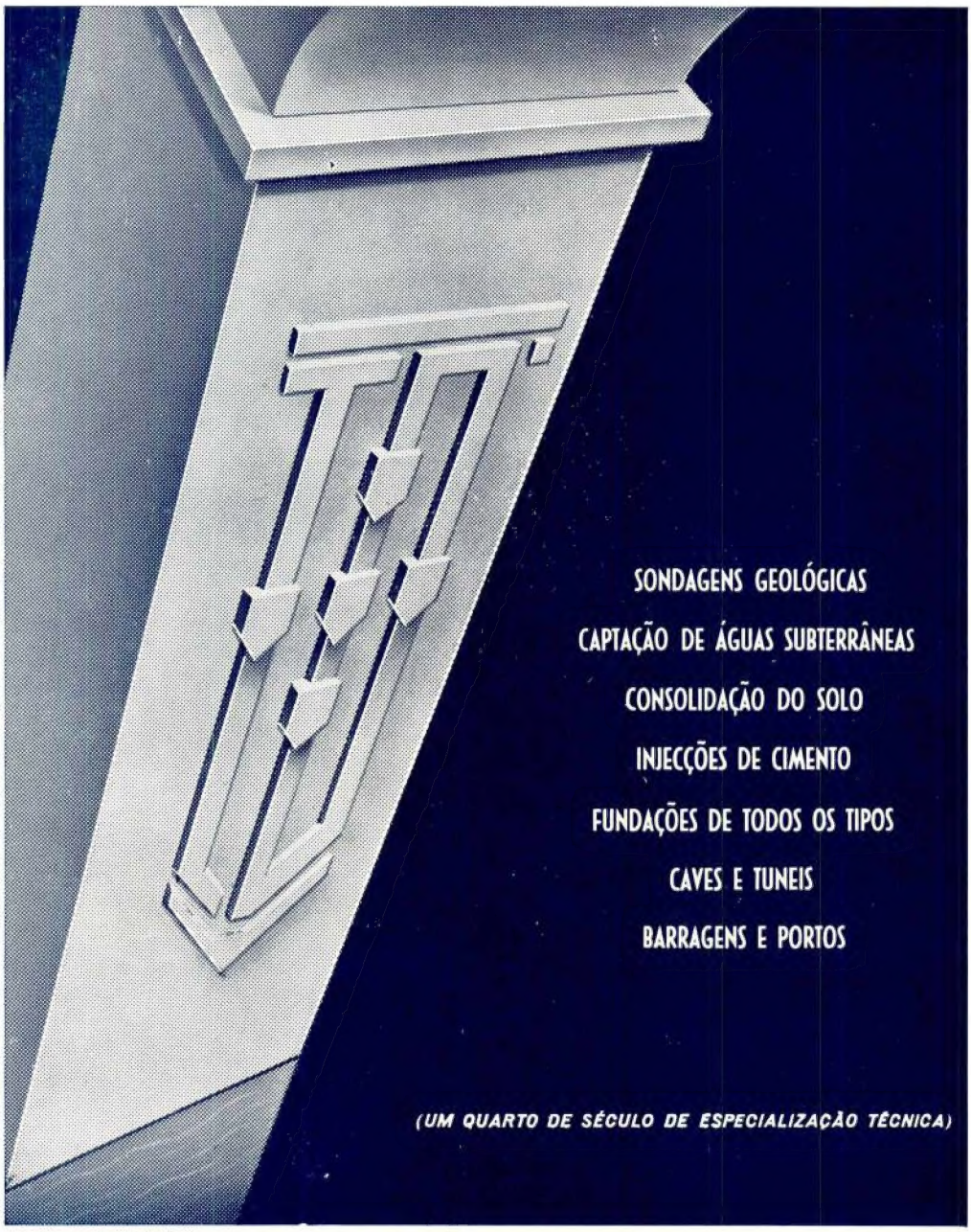
COM UM
FOGÃO
A GAZ
NÃO HÁ MÁS
COZINHEIRAS
e 11
FÁBRICA PORTUGAL
PRAÇA DOS RESTAURADORES, 49-57 - TEL. 24948

Emprêsa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

RUA DA BETESGA, 57. 3.°
TELEF. 3 2774

LISBOA



SOCIEDADE ANÓNIMA

BROWN, BOVERI & CIE.

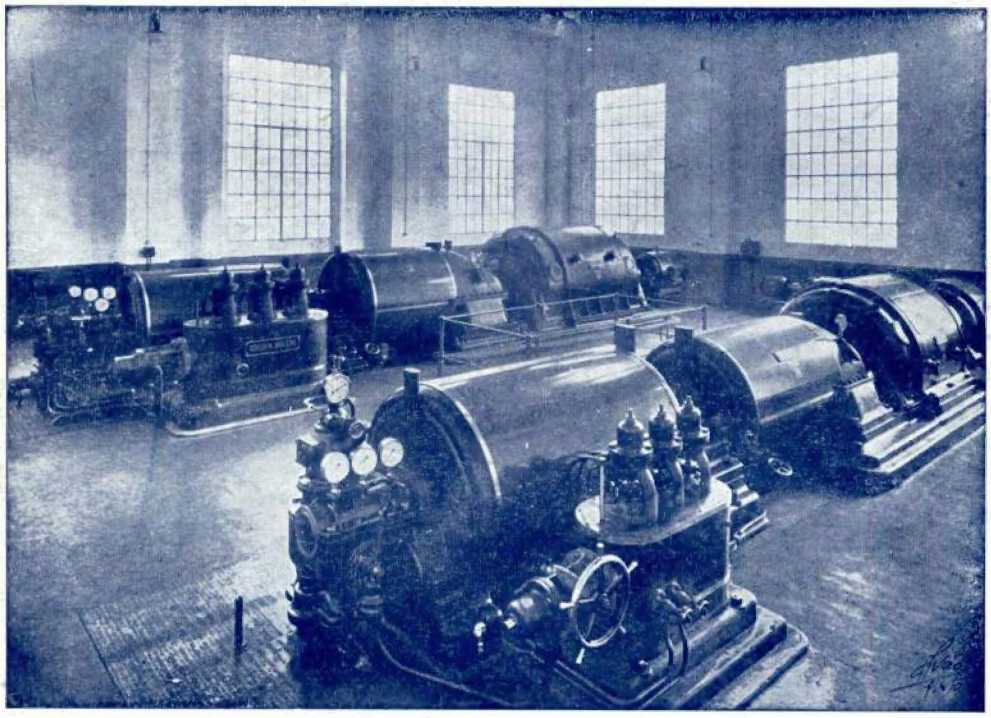
BADEN (SUISSA)

Representante geral para Portugal e Colónias:

EDOUARD DALPHIN

Escritório Técnico: Praça de D. João I, 25, 3.º Dir. // PORTO // Tel. 2411

Máquinas eléctricas, transformadores, mutadores, aparelhos para alta e baixa tensão. Montagem completa de centrais termo e hidro-eléctricas. Electrificação de fábricas e de caminho de ferro. Locomotivas, e auto-motoras eléctricas e Diesel-eléctricas. Máquinas de extracção. Turbinas a vapor. Geradores de vapor Velox. Máquinas frigoríficas. Grupos e transformadores para a soldadura pelo arco. Fornos eléctricos. Comandos eléctricos especiais para tôdas as máquinas utilizadas nas Fábricas de Fiação, Tecelagem, Acabamentos, Estamparia, Cimento, Moagem, Material de alta frequência, Telegrafia, Telefonia, Telecomando, etc.



S. A. União Eléctrica Portuguesa — Setúbal
Turbo-grupos de 6.400 kW